

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

**DEPARTAMENTO DE TEORÍA DE LA SEÑAL  
Y COMUNICACIONES**



**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**Ingeniería de Sistemas de Comunicaciones**

**Despliegue de redes de acceso de nueva generación  
en España: aspectos económicos y regulatorios.**

**TUTOR:** Antonio Castillo Holgado

**AUTOR:** Alejandro López García

Leganés, Septiembre 2012



# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS .....	8
1. Objetivos .....	9
2. Introducción .....	10
PARTE I .....	12
LA CUESTIÓN DE LA BANDA ANCHA .....	12
3. El impacto de la Banda Ancha en la sociedad .....	12
3.1 Impacto de las TIC en la sociedad .....	12
3.1.1 Las TIC y la Educación. ....	12
3.1.2 Administración Pública .....	13
3.1.3 Sector Sanitario.....	14
3.2 Impacto de las TIC en la economía .....	15
3.2.1 Impacto de las telecomunicaciones en la economía .....	19
3.2.2 Impacto de la banda ancha en la productividad y el crecimiento.....	22
3.2.3 Impacto en el empleo .....	23
4. Estado actual de la banda ancha .....	26
4.1 Desarrollo de la banda ancha a nivel mundial.....	26
4.2 Desarrollo de la banda ancha en Europa. ....	31
4.3 El sector de las TIC en España .....	41
4.3.1 El sector TIC en su conjunto.....	41
4.3.2 El sector de las telecomunicaciones en España .....	42
4.3.3 El sector de las TI y los contenidos .....	43
4.3.4 La banda ancha en España.....	43
5. Agenda Digital Europea .....	48
6. Agenda Digital Española .....	58
7. Tecnologías de acceso de banda ancha fija .....	62
7.1 xDSL .....	62
7.2 Redes híbridas de fibra y cable (HFC) .....	65
7.3 Redes de fibra óptica .....	67
7.3.1 Tecnologías y arquitecturas FTTH consideradas .....	71
7.3.1.1 P2P.....	72
7.3.1.2 GPON .....	74
7.3.1.3 GPON sobre topología pasiva P2P.....	76
7.3.1.4 WDM PON .....	77

<b>8. Tecnologías de acceso de banda ancha inalámbrica .....</b>	<b>79</b>
<b>8.1 Antecedentes y evolución .....</b>	<b>79</b>
<b>8.2 Arquitectura de una red 3G .....</b>	<b>79</b>
<b>8.3 Acceso radio en redes 3G .....</b>	<b>80</b>
<b>8.4 HSPA (High Speed Packet Access) .....</b>	<b>81</b>
<b>8.5 HSPA+ .....</b>	<b>82</b>
<b>8.6 La Cuarta Generación (4G).....</b>	<b>83</b>
<b>8.7 LTE (Long Term Evolution) .....</b>	<b>85</b>
<b>PARTE II .....</b>	<b>89</b>
<b>LA VIABILIDAD DE LA BANDA ANCHA EN ESPAÑA.....</b>	<b>89</b>
<b>9. Estudio económico FTTH .....</b>	<b>89</b>
<b>9.1 El modelo .....</b>	<b>89</b>
<b>9.2 El estudio original .....</b>	<b>89</b>
<b>9.3 Resultados del estudio original .....</b>	<b>94</b>
<b>9.4 Ajuste del modelo y aplicación al caso de España .....</b>	<b>97</b>
<b>9.5 Resultados.....</b>	<b>101</b>
<b>CLUSTER 1 (Escenario Urbano denso) .....</b>	<b>101</b>
<b>CLUSTER 2 (Escenario Urbano) .....</b>	<b>107</b>
<b>CLUSTER 3 (Escenario Urbano poco denso) .....</b>	<b>112</b>
<b>CLUSTER 4 (Escenario Suburbano denso).....</b>	<b>116</b>
<b>CLUSTER 5 (Escenario Suburbano) .....</b>	<b>118</b>
<b>CLUSTER 6 (Escenario Suburbano poco denso).....</b>	<b>120</b>
<b>CLUSTER 7 (Escenario rural denso).....</b>	<b>121</b>
<b>CLUSTER 8 (Escenario Rural) .....</b>	<b>124</b>
<b>10. La banda ancha móvil como complemento al despliegue de fibra óptica.....</b>	<b>126</b>
<b>11. CONCLUSIONES.....</b>	<b>132</b>
<b>12. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS .....</b>	<b>135</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>137</b>
<b>Apéndice 1: ajuste del modelo original.....</b>	<b>137</b>
(Capex+Opex) del operador al 70% de cuota de mercado .....	138
Precio estimado del desagregado para un operador entrante .....	146
Cuota de mercado de un competidor con ARPU de 42,04€.....	158
<b>Apéndice 2: Presupuesto.....</b>	<b>162</b>
<b>Apéndice 3: Cronograma .....</b>	<b>164</b>
<b>Apéndice 4: Glosario .....</b>	<b>165</b>





## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: ¿Está usted de acuerdo en que internet ha aumentado sus oportunidades de aprendizaje? (Verde oscuro: muy de acuerdo; verde claro: bastante de acuerdo; amarillo: bastante en desacuerdo; rojo: muy en desacuerdo) .....	13
Ilustración 2: ¿Está usted de acuerdo es que Internet ha aumentado su capacidad de obtener información relacionada con la salud? (Verde oscuro: muy de acuerdo; verde claro: bastante de acuerdo; amarillo: bastante en desacuerdo; rojo: muy en desacuerdo) .....	15
Ilustración 3 - Estados Unidos: porcentaje de trabajadores por tipo de actividad .....	16
Ilustración 4 - Estudios de la fuerza de trabajo dedicada a la información .....	16
Ilustración 5 - Sociedad de la información y crecimiento económico (2006) .....	18
Ilustración 6 - Desarrollo económico y TIC: variables y causalidad .....	19
Ilustración 7 - Desarrollo global de las TIC, por categorías, para cada 100 habitantes, 2010-2011.....	26
Ilustración 8 - Países con los precios TIC más bajos (como tanto por ciento de los ingresos) .....	27
Ilustración 9 - Evolución mundial de los accesos fijos de banda ancha por cada 100 habitantes, 2001-2011.....	28
Ilustración 10 - Accesos fijos de banda ancha por cada 100 habitantes, 2011 .....	29
Ilustración 11 - Suscripciones activas de banda ancha móvil por cada 100 habitantes, 2007-2011.....	30
Ilustración 12 - Suscripciones activas de banda ancha móvil por cada 100 habitantes, 2011 .....	30
Ilustración 13 - Penetración de la banda ancha a nivel europeo desde Enero de 2004 hasta Julio de 2011 .....	31
Ilustración 14 - Crecimiento diario de líneas de banda ancha a nivel europeo desde Enero de 2004 hasta Julio de 2011.....	32
Ilustración 15 - Penetración de banda ancha fija por países, Julio 2011.....	32
Ilustración 16 - Penetración de banda ancha fija y velocidad de crecimiento por países, Julio 2011.....	33
Ilustración 17 - Líneas fijas de banda ancha fija por tecnologías a nivel europeo, entre Enero de 2006 y Julio de 2011.....	33
Ilustración 18 - Crecimiento diario de servicios de banda ancha fija en la UE por tecnologías .....	34
Ilustración 19 - Líneas DSL y crecimiento en la UE .....	35
Ilustración 20 - Número de líneas y crecimiento en la UE de la banda ancha por cable.....	35
Ilustración 21 - Porcentaje de líneas FTTH sobre el total de la banda ancha fija en la UE.....	36
Ilustración 22 - Líneas de banda ancha fija (en millones) en la UE, por tipo de operador .....	36
Ilustración 23 - Porcentaje de líneas de banda ancha fija (en millones) en la UE, por tipo de operador ..	37
Ilustración 24 - Reparto, por tipo de operador, de las nuevas suscripciones de banda ancha fija .....	37
Ilustración 25 - Incremento diario, por tipo de operador, de las suscripciones de banda ancha fija .....	38
Ilustración 26 - Banda ancha fija: Cuotas de Mercado en cada país de la UE, por tipo de operador (Julio 2011).....	38
Ilustración 27 - Porcentaje de accesos de banda ancha en la UE, según velocidad .....	39
Ilustración 28 - Porcentaje de accesos de banda ancha en los países de la UE, según velocidad (Julio 2011).....	39
Ilustración 29 - Índice de penetración de la banda ancha móvil en los países de la UE (Julio 2011) .....	40
Ilustración 30 - Banda ancha móvil en la UE: porcentaje de tarjetas de datos .....	40
Ilustración 31 - Banda ancha móvil en la UE: porcentaje de tarjetas de datos por países (Julio 2011) .....	41
Ilustración 32 - Penetración de la banda ancha por provincias (líneas/100 habitantes) .....	44
Ilustración 33 - Evolución de las líneas de banda ancha en España, por tecnología (millones de líneas) ..	44
Ilustración 34 - Cuota de Banda Ancha: Telefónica .....	45

Ilustración 35 - Cuota de Banda Ancha: Operadores Alternativos .....	46
Ilustración 36 - Accesos FTTH en España.....	47
Ilustración 37 - Penetración xDSL, HFC Y FTTH por tipo de municipio (líneas/100 habitantes).....	47
Ilustración 38 - Ciclo virtuoso de la economía digital.....	48
Ilustración 39 - Porcentaje de accesos de banda ancha en la UE, categorizado según criterios de la Agenda Digital Europea (Julio 2011).....	56
Ilustración 40 - Porcentaje de accesos de banda ancha en los países de la UE (Julio 2011), categorizado según criterios de la Agenda Digital Europea.....	57
Ilustración 41 - Portadoras adsl.....	62
Ilustración 42 - Ganancia típica utilizando vectorización .....	64
Ilustración 43 - Arquitectura DOCSIS 3.0 de ONO .....	66
Ilustración 44 - Arquitectura general NGA/NGN .....	67
Ilustración 45 - Nomenclatura utilizada en la topología de red .....	68
Ilustración 46 - Arquitectura de fibra punto-multipunto .....	70
Ilustración 47 - Diferentes opciones de acceder a un servicio mayorista de caudal de datos.....	71
Ilustración 48 - Desagregado de fibra en un escenario P2P .....	74
Ilustración 49 - Acceso a caudal de datos desde el núcleo de red en escenario GPON .....	75
Ilustración 50 - Acceso a caudal de datos desde el MPoP en escenario GPON.....	76
Ilustración 51 - Desagregado a nivel de núcleo de red en escenario WDM PON.....	78
Ilustración 52 - Arquitectura de una red 3G.....	80
Ilustración 53 - Evolución de las distintas tecnologías hacia la alineación con IMT-ADVANCED.....	85
Ilustración 54- P2P, clúster 4: resultados del estudio original .....	95
Ilustración 55 - P2P, clúster 5: resultados del estudio original.....	96
Ilustración 56 - Geotipos del estudio de la cmt sobre despliegue de redes FTTH/GPON en España .....	98
Ilustración 57 - Clúster 1: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede al desagregado (coste estimado). .....	101
Ilustración 58 - Clúster 1: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede a través de la tarifa NEBA.....	102
Ilustración 59 - Clúster 1: Costes por mes y usuario de un operador que accede a través de la tarifa NEBA y de un operador que accede al desagregado (coste estimado).....	104
Ilustración 60 - Clúster 1: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que despliega red de acceso propia. ....	105
Ilustración 61 - Clúster 1: Costes por mes y usuario de un operador que accede al desagregado (coste estimado) y de un operador que despliega red de acceso propia. ....	106
Ilustración 62 - Clúster 1: Costes por mes y usuario de un operador que accede a través de la tarifa NEBA y de un operador que despliega red de acceso propia. ....	107
Ilustración 63 - Clúster 2: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede al desagregado (coste estimado). ....	108
Ilustración 64 - Clúster 2: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede a través de la tarifa NEBA.....	109
Ilustración 65 - Clúster 2: Costes por mes y usuario de un operador que accede a través de la tarifa NEBA y de un operador que accede al desagregado (coste estimado).....	109
Ilustración 66 - Clúster 2: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que despliega red de acceso propia. ....	110
Ilustración 67 - Clúster 2: Costes por mes y usuario de un operador que accede al desagregado (coste estimado) y de un operador que despliega red de acceso propia. ....	111
Ilustración 68 - Clúster 2: Costes por mes y usuario de un operador que accede a través de la tarifa NEBA y de un operador que despliega red de acceso propia. ....	112

Ilustración 69 - Clúster 3: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede al desagregado (coste estimado). .....	113
Ilustración 70 - Clúster 3: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede a través de la tarifa NEBA. ....	113
Ilustración 71 - Clúster 3: Costes por mes y usuario de un operador que accede a través de la tarifa NEBA y de un operador que accede al desagregado (coste estimado). ....	114
Ilustración 72 - Clúster 3: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que despliega red de acceso propia. ....	114
Ilustración 73 - Clúster 3: Costes por mes y usuario de un operador que accede al desagregado (coste estimado) y de un operador que despliega red de acceso propia. ....	115
Ilustración 74 - Clúster 3: Costes por mes y usuario de un operador que accede a través de la tarifa NEBA y de un operador que despliega red de acceso propia. ....	115
Ilustración 75 - Clúster 4: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede al desagregado (coste estimado). ....	116
Ilustración 76 - Clúster 4: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede a través de la tarifa NEBA. ....	117
Ilustración 77 - Clúster 4: Costes por mes y usuario de un operador que accede a través de la tarifa NEBA y de un operador que accede al desagregado (coste estimado). ....	117
Ilustración 78 - Clúster 5: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede al desagregado (coste estimado). ....	118
Ilustración 79 - Clúster 5: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede a través de la tarifa NEBA. ....	119
Ilustración 80 - Clúster 5: Costes por mes y usuario de un operador que accede a través de la tarifa NEBA y de un operador que accede al desagregado (coste estimado). ....	119
Ilustración 81 - Clúster 6: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede al desagregado (coste estimado). ....	120
Ilustración 82 - Clúster 6: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede a través de la tarifa NEBA. ....	121
Ilustración 83 - Clúster 6: Costes por mes y usuario de un operador que accede a través de la tarifa NEBA y de un operador que accede al desagregado (coste estimado). ....	121
Ilustración 84 - Clúster 7: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede al desagregado (coste estimado). ....	122
Ilustración 85 - Clúster 7: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede a través de la tarifa NEBA. ....	123
Ilustración 86 - Clúster 7: Costes por mes y usuario de un operador que accede a través de la tarifa NEBA y de un operador que accede al desagregado (coste estimado). ....	123
Ilustración 87 - Clúster 8: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede al desagregado (coste estimado). ....	124
Ilustración 88 - Clúster 8: Costes por mes y usuario del operador incumbente y de un operador que accede a través de la tarifa NEBA. ....	125
Ilustración 89 - Clúster 8: Costes por mes y usuario de un operador que accede a través de la tarifa NEBA y de un operador que accede al desagregado (coste estimado). ....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Porcentaje de trabajadores de la información (2006-2007) .....	17
Tabla 2 – Arquitecturas FTTH .....	72
Tabla 3 – Mínimos requerimientos de eficiencia espectral en IMT-ADVANCED .....	84
Tabla 4 – Parámetros de LTE .....	86
Tabla 5 – Posibles configuraciones de LTE .....	86
Tabla 6 - Comparativa entre LTE y LTE Advanced.....	88
Tabla 7 – Customer mix .....	91
Tabla 8 – Geotipos de Euroland .....	92
Tabla 9 - Porcentaje de despliegue aéreo de cable .....	93
Tabla 10 - Resultados del estudio original para una arquitectura P2P.....	95
Tabla 11 - Resultados del estudio original para una arquitectura GPON .....	96
Tabla 12 - Resultados del estudio original para una arquitectura WDM PON .....	97
Tabla 13 - Geotipos en España .....	98
Tabla 14 - Comparativa entre los resultados del estudio original y la aproximación realizada .....	99
Tabla 15 - Concesiones autonómicas de la banda LTE. ....	127
Tabla 16 - Reparto del espectro en España. ....	129
Tabla 17 - Reparto de la población en localidades de menos de 5.000 habitantes. ....	130

## 1. OBJETIVOS

El presente proyecto tiene los siguientes objetivos:

- Comprender la importancia de las redes de acceso de nueva generación.
- Analizar en qué consisten estas redes, tanto fijas como móviles.
- Estudiar el estado actual del despliegue de este tipo de redes, a nivel mundial, europeo y español.
- Ver qué iniciativas regulatorias hay al respecto, tanto en Europa como en España.
- Cuantificar mediante un estudio de viabilidad el despliegue de redes de acceso de nueva generación en nuestro país.

## 2. INTRODUCCIÓN

Desde el nacimiento de las telecomunicaciones, que separaron el envío de información del transporte, desde que podemos comunicarnos con otras personas sin necesidad de hacerlo presencialmente ni desplazarnos para portar el mensaje, la evolución de los sistemas de telecomunicación ha sido constante.

En las últimas décadas se ha alcanzado una capacidad de compartir información que antes resultaba inimaginable. La interconexión de redes sobre la que se articula internet, la posibilidad que las comunicaciones móviles nos otorgan para intercambiar información sin la necesidad de ceñirse a una ubicación fija, la creciente capacidad de los dispositivos electrónicos para procesar información y presentarla en multitud de formatos, el desarrollo de la inteligencia artificial que permite a los dispositivos trabajar de forma conjunta entre sí y con el ser humano... son muchos los ingredientes que hoy día componen un escenario con unas posibilidades de desarrollo abrumadoras.

Todos estos elementos desarrollarán su plena potencialidad en la medida en que seamos capaces de dotarlos de una adecuada velocidad y fiabilidad en la transmisión. La banda ancha ultrarrápida es la sangre que dará vida al gran organismo global que estamos viendo nacer, fruto del desarrollo tecnológico puesto en manos de las mentes creativas y los perfiles tecnológicos, y que sin duda dará lugar a profundos cambios en la forma en que nos comunicamos, ya sea entre nosotros mismos o con el propio entorno en el que se implanta la tecnología.

El telégrafo, los primeros cables submarinos, el teléfono, internet, las redes móviles... hombres y mujeres de diferentes épocas han vivido el despliegue de las nuevas redes, viendo aparecer nuevas formas de relacionarse que cambiaron sus vidas. Hoy son las redes de acceso de alta velocidad las que cambiarán el mundo tal y como lo conocemos.

El objeto de este proyecto es el estudio de las redes de banda ancha ultrarrápida, como elemento fundamental que articula todo el conglomerado de tecnologías existentes y las capacita para que presten el máximo servicio a la sociedad, además de permitir la aparición de nuevos servicios.

Como punto inicial de este proyecto se estudia la bibliografía que existe al respecto de la influencia de la banda ancha en el desarrollo de las naciones. Posteriormente se analiza la iniciativa europea al respecto de la banda ancha, iniciativa que ha sido plasmada en la Agenda Digital Europea. También se estudia la Agenda Digital Española,

que refleja con mayor concreción la adaptación de los objetivos de la agenda europea a la realidad de nuestro país.

A continuación se presenta un estudio de las redes de banda ancha ultrarrápida: en qué consisten, y qué soluciones tecnológicas se engloban dentro de esta consideración, tanto en redes fijas como móviles.

Como aportación principal del proyecto a la cuestión de la banda ancha en España, se presenta un detallado estudio económico, en el que se evalúa la viabilidad del despliegue de accesos de fibra óptica en España, siguiendo criterios económicos, demográficos y regulatorios. La principal herramienta para la realización de este estudio consiste en una aproximación al modelo de costes elaborado previamente por una consultora. Este estudio previo considera un hipotético país genérico, en el que se realiza un despliegue de fibra óptica. Aunque el estudio no desvela en su totalidad el modelo de costes utilizado, se realiza un modelo propio en base a la información disponible y con algunos ajustes. Este modelo se prueba inicialmente sobre los datos de entrada del estudio original para comprobar la fiabilidad de la aproximación, comparando los resultados de ambos. Una vez comprobado que el modelo propio tiene cierta fiabilidad, se particulariza el modelo para el caso de España, tomando como variables de entrada las correspondientes a nuestro país. En el estudio propio, además de criterios puramente económicos (los heredados del estudio original) se plantean cuestiones de carácter regulatorio, de forma que podamos evaluar este impacto con resultados concretos.

Posteriormente se presentan las redes móviles de banda ancha como opción a la fibra, estudiando bajo qué planteamientos son necesarios este tipo de despliegues en España, en base a los resultados del estudio. Se analiza la forma en que se va a plantear el despliegue de las nuevas redes móviles en nuestro país, así como aspectos regulatorios que definirán el alcance de estas nuevas redes.

En su conjunto, el proyecto da una visión global de las redes de acceso de nueva generación: por qué son importantes, en qué consisten, qué iniciativas regulatorias hay al respecto y cómo se puede afrontar su despliegue en España.



## **PARTE I**

# **LA CUESTIÓN DE LA BANDA ANCHA**

### **3. EL IMPACTO DE LA BANDA ANCHA EN LA SOCIEDAD**

En este capítulo analizaremos inicialmente el impacto que las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) tienen en la economía y la sociedad. Este estudio lo realizaremos a partir de las investigaciones existentes al respecto, lo que nos dará el marco necesario para evaluar este impacto en España. Después de analizar la influencia de las TIC a nivel social y económico, entraremos a analizar el impacto de las telecomunicaciones –como subsector TIC- sobre la sociedad, y posteriormente veremos de la banda ancha en concreto. Este marco nos permitirá valorar adecuadamente el desarrollo de la banda ancha en el mundo, en Europa y en España, aspectos que veremos en capítulos posteriores.

#### **3.1 IMPACTO DE LAS TIC EN LA SOCIEDAD**

Se ha comprobado que las TIC pueden influir positivamente en el desarrollo de las sociedades, en aspectos tales como educación, servicios públicos y prestaciones sanitarias.

##### **3.1.1 LAS TIC Y LA EDUCACIÓN.**

La principal influencia que las TIC tienen en el aspecto educativo viene dada por las aplicaciones enfocadas a la educación, sobre múltiples soportes, además de las potencialidades que otorga de cara a ofrecer educación a distancia:

- Con la adecuada conectividad, los alumnos que acceden a la educación a distancia pueden tener un desempeño similar a aquellos que disfrutan de clases presenciales. En este sentido hay que considerar que los medios puestos a disposición del alumnado remoto tiende a ser más sistemático, además de la mayor motivación que puede suponer para un alumno ubicado lejos del aula el poder acceder a esa educación.
- La reducción del fracaso escolar es mayor si se proveen los adecuados medios telemáticos.

- Una adecuada conexión a Internet puede suplir carencias, tales como la resolución de dudas o el acceso a material educativo complementario.

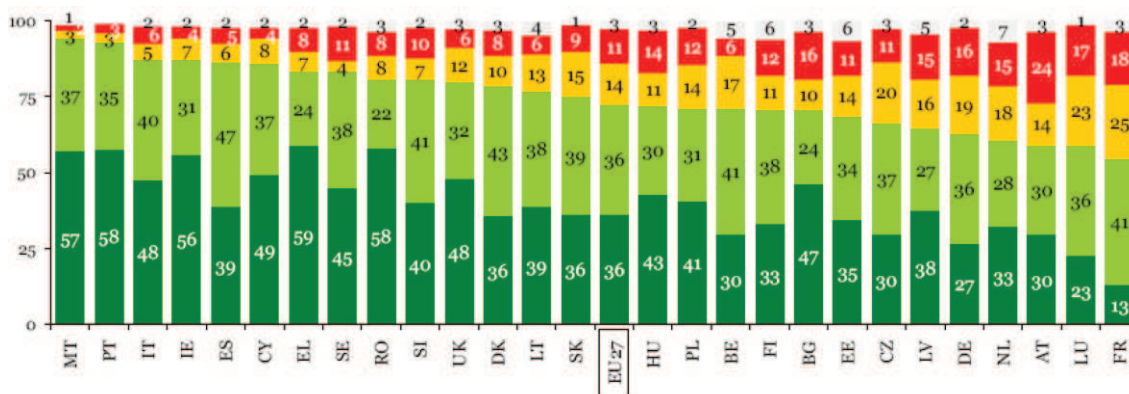


Ilustración 1: ¿Está usted de acuerdo en que internet ha aumentado sus oportunidades de aprendizaje? (Verde oscuro: muy de acuerdo; verde claro: bastante de acuerdo; amarillo: bastante en desacuerdo; rojo: muy en desacuerdo)<sup>1</sup>

### 3.1.2 ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

El efectivo positivo de las TIC en los servicios públicos ha sido probado en muchas ocasiones:

- Acceso a trámites administrativos: el 80% de los ciudadanos utiliza Internet para tramitar o informarse acerca de los trámites que deben realizar (Australia).
- Eficiencia de la administración: el *e-government* es percibido positivamente por el 86% de los ciudadanos (Australia).
- Relación costo-beneficio: se estima que las TIC en la administración producen beneficios cinco veces superiores a la inversión que requieren (Australia).
- Un 92% de los ciudadanos se manifiesta satisfecho con la ventanilla única de información (Canadá).
- Agilización en pagos al gobierno (Israel).
- Eficiencia comprobada en la gestión de documentos (EEUU).
- Ahorro en gastos de administración (Austria).

En general, los beneficios identificados en la administración por el uso de las TIC son los siguientes:

- Reducción de costes (materiales y personal) requeridos para atender a usuarios, así como para la gestión de los servicios.
- Mejora de la calidad en el servicio a los ciudadanos (declaración de la renta, concesión de licencias, etc).
- Simplificación de procesos administrativos.

<sup>1</sup>Study on the Social Impact of ICT (CPP N°55A – SMART N°2007/0068) p.9.

- Agilidad en la tramitación.
- Reducción de la redundancia en el aparato burocrático, al poder integrarse las bases de datos.
- Mejora de la imagen de la administración.
- Posibilidad de mayor transparencia en la gestión gubernamental.
- Potencialmente, incremento de la capacidad de participación en asuntos públicos.

### 3.1.3 SECTOR SANITARIO

El sector sanitario español, y el europeo en general, afrontan el reto de varios cambios demográficos que se están produciendo: el envejecimiento de la población, demanda de una mayor movilidad, etc. Debemos tener en cuenta también que están apareciendo nuevas enfermedades debidas al estilo de vida actual (asociadas al estrés, por ejemplo), además del aumento de la incidencia de otras enfermedades que ya existían (como la obesidad). Necesitamos por tanto una evolución del modelo, para garantizar que se afrontan estas cuestiones, mientras que se garantiza la sostenibilidad financiera y económica.

En general la sanidad demandará cada vez más apoyo de las TIC, para poder afrontar el desarrollo de la telemedicina (diagnóstico y monitorización remotos). Además, las TIC permitirán desplazar el centro de atención desde los centros hospitalarios hacia los centros de atención primarios.

La gestión de recursos hospitalarios es otro aspecto que se verá beneficiado por el incremento de la presencia de las TIC. La difusión de la investigación será mayor, lo que unido a la gestión de las historias clínicas mediante bases de datos centralizadas redundará en un mejor diagnóstico y atención al paciente.

Los efectos que percibirá el paciente son muchos: incremento de la eficiencia en el registro y atención al paciente, una reducción en los tiempos de servicio, una mayor calidad en la asistencia y una mayor información a los pacientes acerca de sus síntomas y enfermedades. La agilidad en el intercambio de información entre los médicos, además de mejorar la atención al paciente, redundará en una mejor formación de los profesionales.

A nivel económico, la presencia de las TIC permite una mayor eficiencia en la gestión de los recursos humanos y materiales, una reducción de costes de atención, una menor necesidad de movilidad, así como un menor coste en el manejo de la información.

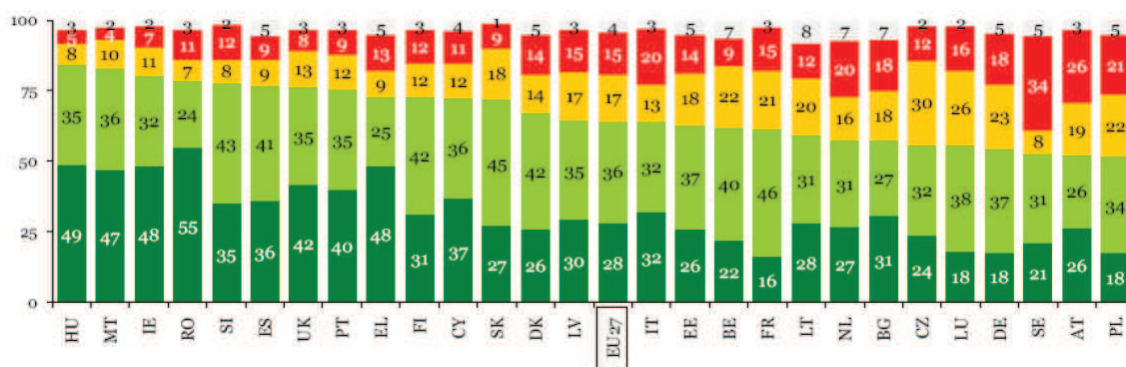


ILUSTRACIÓN 2: ¿ESTÁ USTED DE ACUERDO ES QUE INTERNET HA AUMENTADO SU CAPACIDAD DE OBTENER INFORMACIÓN RELACIONADA CON LA SALUD? (VERDE OSCURO: MUY DE ACUERDO; VERDE CLARO: BASTANTE DE ACUERDO; AMARILLO: BASTANTE EN DESACUERDO; ROJO: MUY EN DESACUERDO)<sup>2</sup>

### 3.2 IMPACTO DE LAS TIC EN LA ECONOMÍA

Como primera aproximación al impacto económico de la banda ancha en la economía española, veremos inicialmente la relación que vincula la inversión en TIC y el crecimiento económico. Veremos qué estudios se han llevado a cabo en este sentido y cuáles han sido sus resultados. Como las tecnologías TIC engloban muchas tecnologías; nos centraremos en una segunda aproximación en las telecomunicaciones, como parte del sector TIC, y seguidamente veremos en detalle el impacto del despliegue de banda ancha.

El impacto que las TIC tienen en la economía comenzó a ser estudiado en profundidad y con rigor académico cuando se alcanzaron niveles masivos de adopción. Se observó un cambio en la estructura ocupacional de los países desarrollados, y este cambio dio origen a lo que se conoce como “economía de la información”.

Uno de los primeros estudios (1958) fue el del economista Fritz Machlup, que estableció en un 31% de la fuerza de trabajo estadounidense la dedicada a tareas relacionadas con el conocimiento. Posteriormente (1973) y bajo un enfoque más restrictivo (considerando únicamente aquellos trabajos relacionados con la generación y transmisión de la información) Daniel Bell concluyó que el porcentaje era del 12,2%.

Entre 1976 y 1977, Marc Porat acuñó el término “Sociedad de la información” y realizó un extenso estudio sobre la ocupación estadounidense. Porat identificó el porcentaje de trabajadores relacionados con la generación, procesamiento o distribución de información. Cada trabajador fue categorizado de acuerdo a su ocupación, sin tener en cuenta el sector industrial en el que trabajaba. Sobre este planteamiento Porat estableció tres tipos de trabajadores: 1) aquellos cuyo producto final es información, 2) aquellos que crean, procesan o distribuyen información, y 3) aquellos que operan tecnologías de la información. En este sentido, el estudio permitía considerar como

<sup>2</sup>Study on the Social Impact of ICT(CPP N°55A – SMART N°2007/0068) p.21.

trabajadores de la información a aquellos cuya función es el procesamiento de información (como puede ser alguien que completa formularios y los archiva, independientemente de si trabaja con un ordenador o no).

El estudio de Porat mostró el rápido crecimiento de este tipo de ocupaciones en la economía de los Estados Unidos, alcanzando un 48% durante la década de 1970.

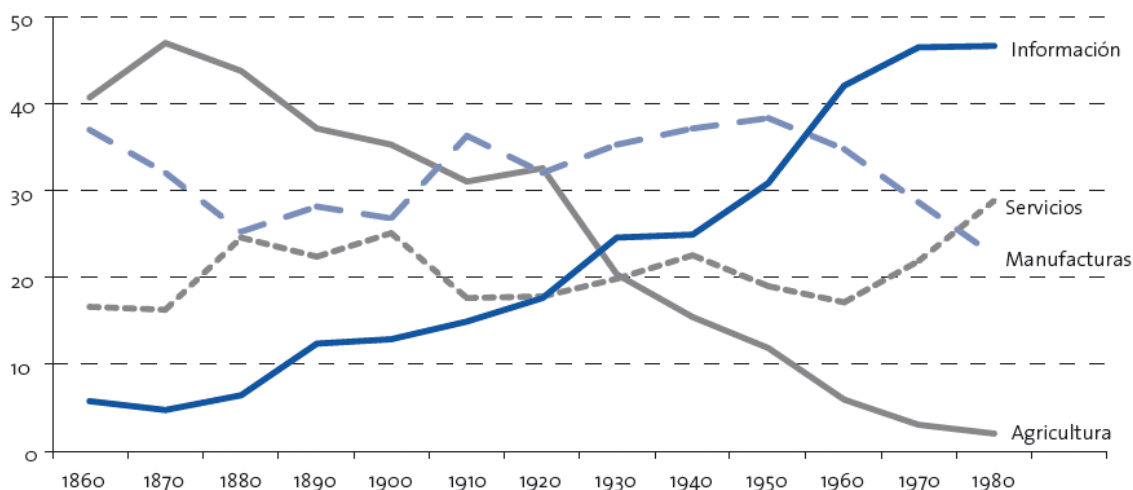


ILUSTRACIÓN 3 - ESTADOS UNIDOS: PORCENTAJE DE TRABAJADORES POR TIPO DE ACTIVIDAD<sup>3</sup>

Posteriormente se realizaron estudios similares al de Porat en otros muchos lugares del mundo, constatándose a nivel global el crecimiento de la fuerza de trabajo dedicada a la información:

PAÍS	ESTUDIO	AÑOS	AÑO DE ÚLTIMA OBSERVACIÓN	PORCENTAJE DE TRABAJADORES DE LA INFORMACIÓN
Estados Unidos	Porat (1975; 1977)	1860-1970	1980	46,6
Australia	Barnes & Lamberton (1976)	1911-1971	1971	25,5
Reino Unido	Wall (1977)	1841-1971	1971	36,6
Alemania Occidental	Lange and Rempp (1977)	1950-1971	1971	33,2
Japón	Uno (1982)	1960-1975	1975	11,5
Países emergentes	Katz (1988)	1960-1980	1980	Variando por país

ILUSTRACIÓN 4 - ESTUDIOS DE LA FUERZA DE TRABAJO DEDICADA A LA INFORMACIÓN<sup>4</sup>

Estos estudios han de ser tenidos en cuenta con cuidado, pues cada uno de ellos define su propio criterio a la hora de definir a un “trabajador de la información”; tal denominación puede incluir tanto a un ingeniero de telecomunicación como a un repartidor de periódicos. Otro hecho importante a tener en cuenta es el reparto de ese porcentaje de trabajadores de la información; dos países con el mismo porcentaje de fuerza de trabajo dedicada a la información puede presentar una distinta composición:

<sup>3</sup> Raúl Katz: El papel de las TIC en el desarrollo, p.6. Fundación Telefónica, 2009

<sup>4</sup> Raúl Katz: El papel de las TIC en el desarrollo, p.7. Fundación Telefónica, 2009

muchos trabajadores estatales indicarían una expansión burocrática como probable causa del incremento de trabajadores de la información, mientras que sector privado importante indicaría un crecimiento de la sociedad de la información. En cualquier caso, cualquiera de estos estudios ha de ser tomado en cuenta como un mero indicativo de la tendencia creciente a la ocupación en trabajos relacionados con la información.

Bajo una metodología similar, se han establecido posteriormente los siguientes porcentajes de trabajadores de la información:

País	Porcentaje de trabajadores de la información	País	Porcentaje de trabajadores de la información
Dinamarca	54%	Argentina	29%
Alemania	54%	Brasil	26%
Grecia	45%	Chile	31%
Italia	51%	Colombia	27%
Holanda	58%	México	25%
Portugal	35%	Perú	23%
España	40%	Venezuela	21%
Reino Unido	53%	<b>Promedio Latinoamérica</b>	<b>24%</b>
<b>Promedio Europa</b>	<b>50%</b>	Corea del Sur	36%
Estados Unidos	48%	Japón	37%
Canadá	47%	Taiwán	40%
<b>Promedio Norteamérica</b>	<b>48%</b>	Singapur	48%
		Tailandia	13%
		<b>Promedio Asia</b>	<b>31%</b>

TABLA 1- PORCENTAJE DE TRABAJADORES DE LA INFORMACIÓN (2006-2007) <sup>5</sup>

Se puede observar que las zonas más industrializadas (América del Norte y Europa) tienen un mayor porcentaje de trabajadores de la información. El promedio de Asia es menor que el de Europa, siendo el promedio de Latinoamérica el menor de los aquí presentados. Estas cifras pueden dar a entender que el desarrollo económico de un país y la sociedad de la información van relacionados.

Debemos tener en cuenta que el desarrollo económico lleva asociados procesos más complejos, lo que redundará en una mayor necesidad de tareas de coordinación, aprovisionamiento y distribución, que conllevarán un uso masivo de información.

Esto lo podemos comprobar en la siguiente gráfica:

<sup>5</sup> Raúl Katz: El papel de las TIC en el desarrollo, p.8. Fundación Telefónica, 2009

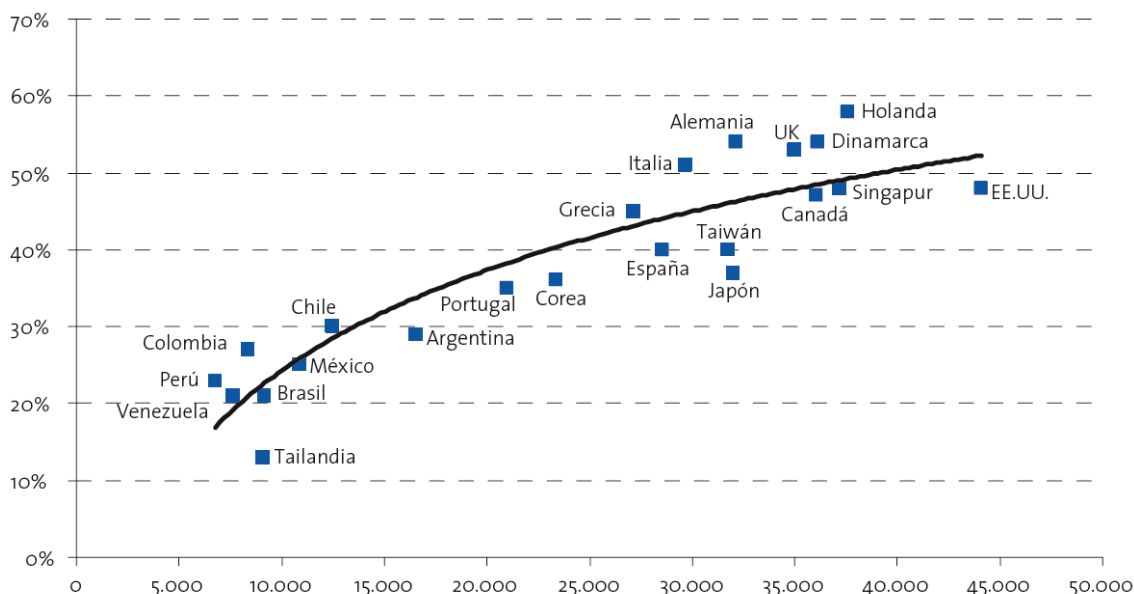


ILUSTRACIÓN 5 - SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN Y CRECIMIENTO ECONÓMICO (2006) <sup>6</sup>

Una vez que hemos visto que existe una relación entre trabajos relacionados con la información y desarrollo económico, nos corresponde descubrir la direccionalidad de esta relación, es decir, comprobar si es el desarrollo el que tiene un efecto positivo sobre las TIC, o bien si son las TIC las que promueven el desarrollo económico.

Los diversos estudios realizados sobre este planteamiento coinciden en señalar que las TIC ejercen una influencia positiva en la economía, en la medida que aumenta la productividad de los trabajadores que trabajan con información.

¿Cómo se produce este efecto? El proceso comienza con la industrialización de un país; el efecto más inmediato es la especialización de mano de obra en procesos productivos de complejidad creciente. A continuación, el sistema económico busca soluciones para optimizar las tareas de coordinar, aprovisionar y distribuir. La solución a estas cuestiones consiste en crear puestos de trabajo cuya función es el manejo de información; a mayor complejidad de los procesos de producción, más trabajadores de la información.

Llega un momento en el que el número de trabajadores de la información alcanza un nivel alto, momento en el que este elevado número se convierte en un cuello de botella en sí mismo y en una limitación de la productividad. Como el número de personas que trabajan con información no puede crecer indefinidamente, entran en juego las tecnologías de la información y comunicaciones, cuya función es la de incrementar la capacidad de manejo de información por parte de los trabajadores.

<sup>6</sup> Raúl Katz: El papel de las TIC en el desarrollo, p.9. Fundación Telefónica, 2009



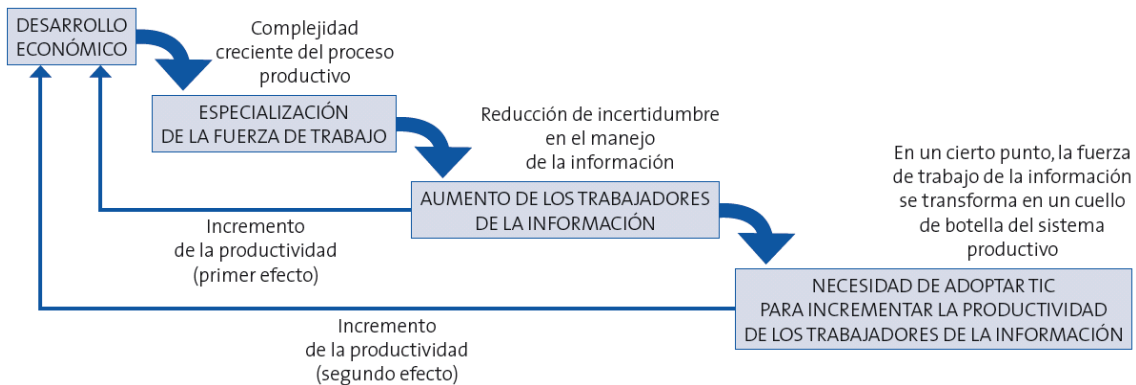


ILUSTRACIÓN 6 - DESARROLLO ECONÓMICO Y TIC: VARIABLES Y CAUSALIDAD<sup>7</sup>

En sociedades como la británica o la estadounidense este proceso empezó a producirse tras la Segunda Guerra Mundial, con el desarrollo de nuevas redes de telecomunicaciones y el crecimiento de la informática.

En general, el impacto de las TIC se produce con un cierto desfase temporal. La inversión en TIC no produce efectos inmediatos sobre la productividad; debe ir acompañada de otros cambios importantes para dar resultados. Estos cambios necesarios están fundamentalmente relacionados con los métodos y procesos de producción, que han de adaptarse a la introducción de las TIC para extraer algún beneficio de ellas. Es decir, si no se adapta la forma de producir a las TIC, la adopción de éstas no proporciona resultados exitosos. Este fenómeno se conoce como “paradoja de la productividad”.

### 3.2.1 IMPACTO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN LA ECONOMÍA

Ahora veremos, con mayor detalle, el impacto de las telecomunicaciones –como un subsector TIC- en la economía; en este sentido, podemos considerar dos tipos de impacto: 1) impacto de las telecomunicaciones a nivel macroeconómico 2) impacto microeconómico de las telecomunicaciones en empresas e industrias específicas.

El primer tipo ha sido estudiado ampliamente, y será el aspecto sobre lo que desarrollaremos el resto del capítulo. El objetivo de estudiar esta influencia viene motivado por demostrar el valor económico de la inversión en telecomunicaciones, pues han de considerarse como otro factor de producción. Sobre el papel, la inversión en telecomunicaciones reduce los costos de transacción y la incertidumbre en el manejo de información, lo que redundará en una mayor eficiencia de los mercados y de las empresas, creando además unas externalidades de red que impactan en el desarrollo económico.

Los primeros estudios al respecto de la influencia de las telecomunicaciones en la economía se centraron en la problemática de establecer la relación de causalidad

<sup>7</sup> Raúl Katz: El papel de las TIC en el desarrollo, p.10. Fundación Telefónica, 2009



entre telecomunicaciones y economía, esto es, ver si son las telecomunicaciones las que inciden positivamente en la economía, o por el contrario es el desarrollo de la economía el factor que favorece el desarrollo de las telecomunicaciones. Puede suceder, como es lógico, que no exista relación entre ambas en ninguno de los dos sentidos, pero a priori no parece que esta sea una opción lógica.

Uno de los primeros estudios fue el de A.Hardy, que en 1980 pudo comprobar (con datos de teledensidad y crecimiento de sesenta países a lo largo de trece años) que la relación de causalidad existía en ambas direcciones, es decir, las telecomunicaciones inciden en el desarrollo económico, así como el crecimiento económico favorece una mayor proliferación de las telecomunicaciones.

El efecto comprobado en ese estudio fue comprobado posteriormente en multitud de estudios más (Hudson en 1990, Norton en 1992, Greenstein y Spiller en 1996, entre otros). Una vuelta de tuerca en este sentido fue el estudio de Roller Y Waverman (2001), que además de comprobar nuevamente esta relación de causalidad, descubrieron la existencia del efecto de “externalidad de red”. ¿En qué consiste este efecto? La externalidad de red supone que el impacto de las telecomunicaciones en la economía tiende a incrementarse cuando el desarrollo de la infraestructura es mayor, es decir, será más importante el efecto de la mejora de las telecomunicaciones cuanto mayor sea el impacto potencial de esta mejora. Esto lleva a otro concepto, el de “masa crítica”; cuando el desarrollo de una red o servicio de telecomunicaciones alcanza una determinada cuota de penetración (la “masa crítica”) el efecto de esa nueva red se magnifica. Este efecto no lineal del desarrollo distingue a las telecomunicaciones de otro tipo de infraestructuras, como pueden ser las carreteras o el suministro eléctrico (en este tipo de infraestructuras el beneficio a la sociedad es aproximadamente proporcional a la penetración). Este concepto de masa crítica fue contrastado en el estudio de Karner y Onyeji (2007) en el que se demuestra que la contribución de las telecomunicaciones al crecimiento de 14 países africanos y 13 países de Europa central fue menor de lo esperado, debido principalmente al bajo nivel de desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones en estos países; no se alcanzaba el nivel de masa crítica.

En general, los estudios realizados al respecto concluyen que la relación entre telecomunicaciones y desarrollo económico es bidireccional, pero que precisa de una masa crítica (un mínimo nivel de desarrollo de las infraestructuras) para que aparezca el sentido de las telecomunicaciones afectando positivamente al desarrollo económico; en los países emergentes es mucho más acentuado el efecto del crecimiento económico sobre el desarrollo de las telecomunicaciones que el sentido contrario, debido a la ausencia de masa crítica. Como regla general: para que las telecomunicaciones ejerzan un impacto determinante en el crecimiento económico, se debe partir de un nivel de desarrollo elevado.

Los mecanismos por los que las telecomunicaciones tienen un efecto positivo en el desarrollo económico son los siguientes:

**1. Incremento de la eficiencia en el procesamiento de la información.** Las TIC permiten manejar la información de una forma mucho más rápida y sistemática, además de facilitar su procesamiento posterior.

**2. Ahorro de costes:** gracias a las telecomunicaciones se ha producido una reducción de los costes de transacción entre distintas empresas. La mejora en las tasas de intercambio de información que traen consigo las nuevas tecnologías de acceso ha provocado la adopción generalizada de las nuevas tecnologías entre las empresas, debido a la relación directa que ésta tiene con la productividad. La mejora en la productividad implica también una mejora en la competitividad, debido a la reducción en los tiempos de producción, y por tanto en los costes asociados a esa producción.

Sirva como dato que el 91%<sup>8</sup> de las empresas españolas con conexión a internet utilizan la red como medio de comunicación con las entidades financieras a través de la banca electrónica, ahorrándose tiempos y costes de desplazamiento.

Otro aspecto que puede aportar reducción de costes es el teletrabajo, con ahorros en desplazamientos, superficie de oficinas, etc.

**3. Creación de nuevos productos y servicios** debido a la mayor capacidad de innovación, acrecentada por la mejor colaboración que puede existir entre empresas con sinergias comunes.

Las TIC han provocado que muchos productos y servicios se vean obligados a adaptarse a los cambios de los últimos años. Dentro de la variedad de nuevos productos y servicios, son de destacar aquellos basados en *streaming* y que necesitan altas velocidades de transmisión y datos, muchos de ellos enfocados a la información y al ocio (radio online, televisión online, vídeo bajo demanda, música en streaming) o con otros fines (como la telemedicina).

**4. Aparición de nuevos canales** que permiten la sustitución eficiente del tráfico postal y del transporte. La universalidad del uso de internet permite a las empresas acceder a nuevos canales para llegar hasta los clientes, tanto para realizar ventas como para permitir a los clientes acceder a la información que necesiten en el momento que ellos decidan. Estos nuevos canales plantean la gran ventaja de permitir que las empresas se deslocalicen, acercando a proveedores y clientes de muy distinta índole.

En España, en el año 2010, el 42,9% de las empresas<sup>9</sup> realizaron operaciones de comercio electrónico, ya fuera compra o venta de productos a través de la red.

---

<sup>8</sup> INE. Encuesta de uso de TIC en las empresas. Junio 2011

**5. Aparición de nuevos sectores económicos** basados en las posibilidades de las nuevas tecnologías, como el sector de los contenidos digitales (música, prensa, etc).

### **3.2.2 IMPACTO DE LA BANDA ANCHA EN LA PRODUCTIVIDAD Y EL CRECIMIENTO**

El avance de las TIC ha supuesto el avance de los demás sectores; se estima que el sector TIC es responsable, dentro de la unión europea, del 50% del incremento de la productividad<sup>10</sup> y del 25% del incremento del PIB.

La transición hacia una economía basada en el conocimiento toma las TIC como principal motor impulsor, lo cual es uno de los principales objetivos de la Unión Europea<sup>11</sup>, pues nos permite dejar atrás un modelo de crecimiento industrial hacia uno más enfocado a las nuevas tecnologías.

El “crecimiento inteligente” es uno de los tres pilares indicados por la Estrategia Europa 2020, que define este crecimiento como aquel basado en el conocimiento y la innovación<sup>12</sup>. En este pilar se incluye la Agenda Digital Europea, que veremos más adelante en detalle, y que está dirigida a proporcionar beneficios económicos y sociales sostenibles a través de la construcción de un mercado único digital fundamentado en un acceso rápido o ultrarrápido a Internet. A grandes rasgos, el objetivo de la Agenda Digital Europea es ofrecer banda ancha para toda la población en 2013, y acceso universal a velocidades de al menos 30 Mbps en 2020, con un mínimo de un 50% de hogares con conexiones de al menos 100Mbps.

Existe una propuesta de la Comisión Europea de dedicar 9.000 millones de euros para invertir en redes de banda ancha, propuesta enmarcada en la iniciativa “*ConnectingEuropeFacility*”, que expone que un incremento de 10 puntos porcentuales de penetración de banda ancha en los hogares supone un incremento del PIB nacional de entre un 0,9% y un 1,5%.

Otro estudio relacionado con el impacto de la banda ancha sobre el PIB es el realizado por la Columbia Business School<sup>13</sup>, que estima que en Alemania se podría conseguir, con una inversión de 36.000 millones de euros, un retorno de 22.300 millones durante la construcción de la red, así como unas externalidades posteriores de 137.500 millones de euros.

<sup>9</sup> Estudio de las TIC en la empresa española 2010. AETIC/EVERIS/RED.ES

<sup>10</sup> NeelieKroes. Discurso de 4 de Octubre de 2011.

<sup>11</sup> Consejo Europeo de Lisboa. [www.europarl.europa.eu](http://www.europarl.europa.eu)

<sup>12</sup> Comisión Europa 2020. Marzo 2010.

<sup>13</sup> “The impact of broadband on Jobs and the German Economy”. Columbia Business School, 2010.

La universidad de Kyushu ha estimado<sup>14</sup> que si se utilizara todo el potencial de las redes móviles en Japón, el crecimiento real del PIB sería de entre un 1 y un 1,1%.

Según el Banco Mundial<sup>15</sup>, un incremento del 10% en penetración de banda ancha supone un incremento del PIB del 1,38% (en los países desarrollados, debido al concepto de masa crítica explicado anteriormente). Este mismo estudio añade que el despliegue de la banda ancha debe venir acompañado de otros factores, como son: reformas políticas y regulatorias adecuadas, llegando a incluso a la creación de modelos de inversión con capital público y privado, correcta preparación que permita disponer de un capital humano competente, así como el desarrollo de nuevos contenidos y aplicaciones que hagan más atractivo el despliegue de este tipo de redes.

No solo es importante el despliegue de redes de banda ancha, también es importante el incremento de las velocidades de acceso sobre las redes ya existentes. Un estudio realizado por Ericsson, Arthur D. Little y Chalmers University of Technology concluye que incrementar la velocidad de banda ancha influye de forma importante en el crecimiento económico. Este estudio, realizado en 33 países de la OCDE, concluye que doblar la velocidad de la banda ancha supone un incremento del 0,3% del PIB. Los efectos positivos considerados pasan por el incremento de la productividad, la utilización de procesos automatizados y más simples, y el mejor acceso a servicios básicos como son la educación y la salud. El estudio considera también que este efecto es aditivo, es decir, si se cuadruplica la velocidad en lugar de duplicarla, el incremento del PIB pasa del 0,3% al 0,6%. Otra conclusión del estudio es que un incremento de 10 puntos la penetración de banda ancha suponen un incremento del PIB del 1%.

### 3.2.3 IMPACTO EN EL EMPLEO

La inversión en banda ancha tiene un doble efecto en el empleo. El primero de ellos, y más inmediato, es el asociado al empleo generado por el propio despliegue de la nueva infraestructura. Dentro de estos empleos debemos distinguir entre empleos directos (aquellos implicados en el propio despliegue de la infraestructura), empleos indirectos (asociados a empresas que prestan sus servicios a las empresas implicadas en el despliegue) e inducidos (personas que pueden conseguir empleo debido al mayor gasto que realizan aquellos hogares beneficiados por un empleo directo o indirecto). Además de los empleos relacionados con el despliegue de la infraestructura (directos, indirectos e inducidos) hay un impacto en términos de empleo en otros sectores de la economía por los efectos que la nueva infraestructura tiene sobre el resto de sectores.

El impacto del despliegue de banda ancha sobre sectores no directamente relacionados con el despliegue puede tener dos sentidos: positivo (se crea empleo) o

<sup>14</sup> "Investment in Broadband Infrastructure: Impacts on Economy Development and Network Neutrality" Universidad de Kyushu, Japón (2009).

<sup>15</sup> "What Role Should Governments Play in Broadband Development?" Banco Mundial, 2009.

negativo (se destruye), dependiendo de tres factores. En primer lugar, hay que considerar que la banda ancha redundante en una mayor competitividad para las empresas que la disfrutan (esto puede, en algunos casos, destruir empleo, en aquellos casos que permitan prescindir de personal debido a la mayor capacidad). En segundo lugar, la banda ancha facilita la deslocalización de empresas debido al abaratamiento de comunicaciones de calidad a nivel internacional, este hecho, en sí mismo, crea empleo en el país que recibe a la empresa deslocalizada y lo destruye en el país que ve como su empresa se deslocaliza. En último lugar, la penetración de banda ancha favorece un desarrollo de los sectores más innovadores de la economía, lo que conlleva la creación de nuevos productos y servicios, con la consiguiente creación de puestos de trabajo. Nuevos modelos de negocio dan lugar a una mayor especialización de las labores, y a un flujo de trabajadores desde sectores menos pujantes hacia los nuevos modelos creados. Esto contribuye a minimizar el descenso de empleo en otros sectores.

Según un estudio encargado por la Comisión Europea<sup>16</sup>, este tercer fenómeno respecto al efecto de la banda ancha sobre el empleo supera con creces el efecto negativo que pueda asociarse al despliegue de banda ancha. Se estima que se producirá un trasvase de empleo desde sectores tradicionales hacia los nuevos sectores, con un crecimiento de 100.000 puestos de trabajo anuales en el conjunto de la Unión Europea.

La iniciativa “ConnectingEuropeFacility” indica que el acceso a los servicios mediante banda ancha tiene un efecto positivo de 2,6 puestos de trabajo creados por cada puesto de empleo que se destruye debido al despliegue de banda ancha.

Otro estudio<sup>17</sup> concreto en este sentido es el realizado por la Columbia Business School, que establece que el despliegue de banda ancha en Alemania creará 304.000 puestos de trabajo hasta 2014, y otros 237.000 adicionales entre 2015 y 2020. Se estima que de forma indirecta se crearán otros 103.000 empleos hasta 2014, y otros 324.000 entre 2015 y 2020. El total es de casi un millón de puestos de empleo hasta 2020.

Un estudio de CISCO<sup>18</sup> estima que un incremento del 1% en penetración de banda ancha en Estados Unidos trae consigo un crecimiento del empleo de entre el 0,2% y el 0,3%.

Se estima<sup>19</sup> que en Reino Unido se conseguirían 280.500 puestos de trabajo durante un año si se realiza una inversión de 5.000 millones de libras en redes de banda ancha.

<sup>16</sup>“The Impact of Broadband on Growth and Productivity” MICUS Management consulting, 2008.

<sup>17</sup>“The impact of broadband on Jobs and the German Economy”.Columbia Business School, 2010.

<sup>18</sup>“Broadband, Economic Growth and Sustainable development” CISCO, 2009.

Los beneficios del despliegue de banda ancha vendrán dados en la medida en que este despliegue se vea acompañado de políticas de innovación, de manera que surjan nuevos servicios y modelos de negocio bajo el amparo de esta nueva tecnología de acceso. En un escenario adecuado, los beneficios no solo alcanzarán a las industrias de servicios, sino también al sector manufacturero. Un factor importante es la velocidad a la que se realiza el despliegue de las nuevas redes de banda ancha: si el desarrollo es más lento en Europa o en España que en otras partes del mundo, nos podemos enfrentar a una situación en la que el crecimiento neto de puestos de trabajo sea menor de lo esperado, e incluso negativo, pues podríamos vernos sometidos a una excesiva externalización, sin compensarlo con un liderazgo en los sectores más innovadores. Es importante en este punto retomar el concepto de masa crítica; en la medida en que toda la sociedad no avance junta hacia el nuevo escenario, los efectos positivos de este despliegue se pueden ver muy minimizados.

---

<sup>19</sup>“The UK Digital Road to Recovery”.LSE, 2009.

## 4. ESTADO ACTUAL DE LA BANDA ANCHA

### 4.1 DESARROLLO DE LA BANDA ANCHA A NIVEL MUNDIAL.

Una vez analizado el impacto que las TIC, y más particularmente la banda ancha, tiene sobre las sociedades, analizaremos la situación actual del desarrollo de estas tecnologías.

En primer lugar, podemos ver la situación general de las TIC, a nivel mundial, en la siguiente gráfica:

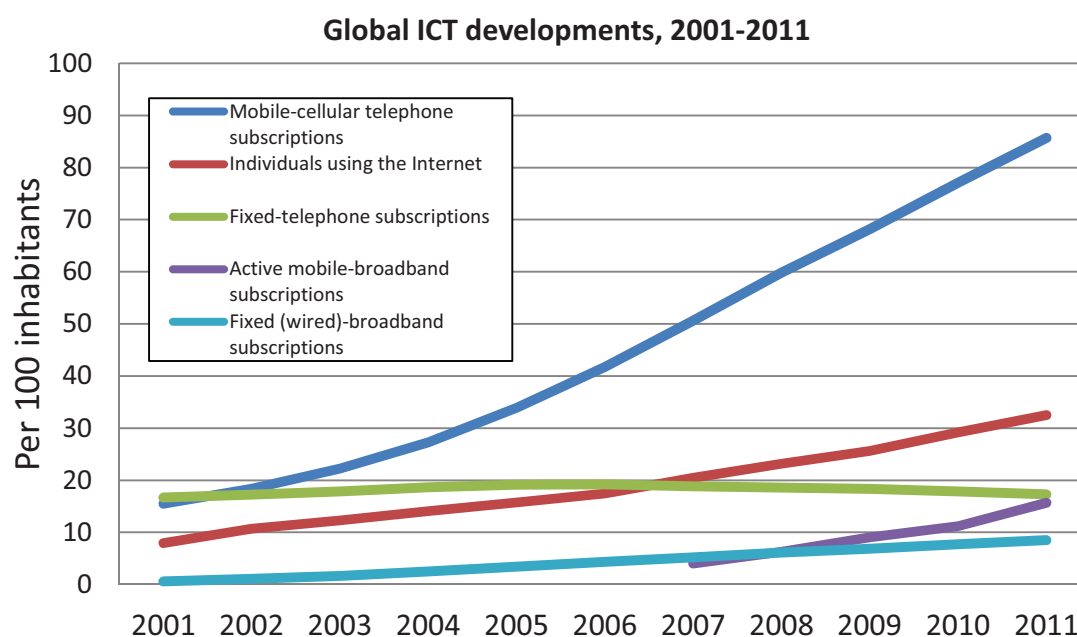


ILUSTRACIÓN 7 - DESARROLLO GLOBAL DE LAS TIC, POR CATEGORÍAS, PARA CADA 100 HABITANTES, 2010-2011<sup>20</sup>

Podemos comprobar cómo el número total de líneas móviles casi alcanza al número total de habitantes. Hay que tener en cuenta que los datos aquí ofrecidos son para el total mundial, por lo que hay que considerar que la tasa de penetración de los países desarrollados (habitualmente más de una línea por habitante) compensa la de los países en vías de desarrollo, con una tasa menor.

El porcentaje de usuarios de internet es de aproximadamente un tercio de la población mundial. Podemos ver que este valor crece de forma constante, y es de esperar que alcance valores mucho más altos.

<sup>20</sup> Source: ITU World Telecommunication /ICT Indicators database

El porcentaje de líneas fijas por cada 100 habitantes tuvo su techo en los años 2005-2006, siendo evidente el descenso que desde estas fechas se viene produciendo. En muchos casos, la telefonía móvil se muestra como un sustituto de las líneas fijas.

El acceso fijo a banda ancha crece de forma lenta pero constante; dicho crecimiento es mucho más pronunciado para el acceso a banda ancha por red móvil; además, el desarrollo de la banda ancha móvil se mantiene bastante por encima del de la banda ancha fija.

En la siguiente gráfica podemos ver un hecho curioso: los precios TIC más bajos se encuentran en general en países con un elevado nivel de desarrollo –considerando el precio como un determinado porcentaje de los ingresos-. Este hecho se puede entender fácilmente si consideramos la economía de escala que suponen las TIC; cuantos más usuarios, más barato resulta dar servicio o proveer de determinado dispositivo a los usuarios.

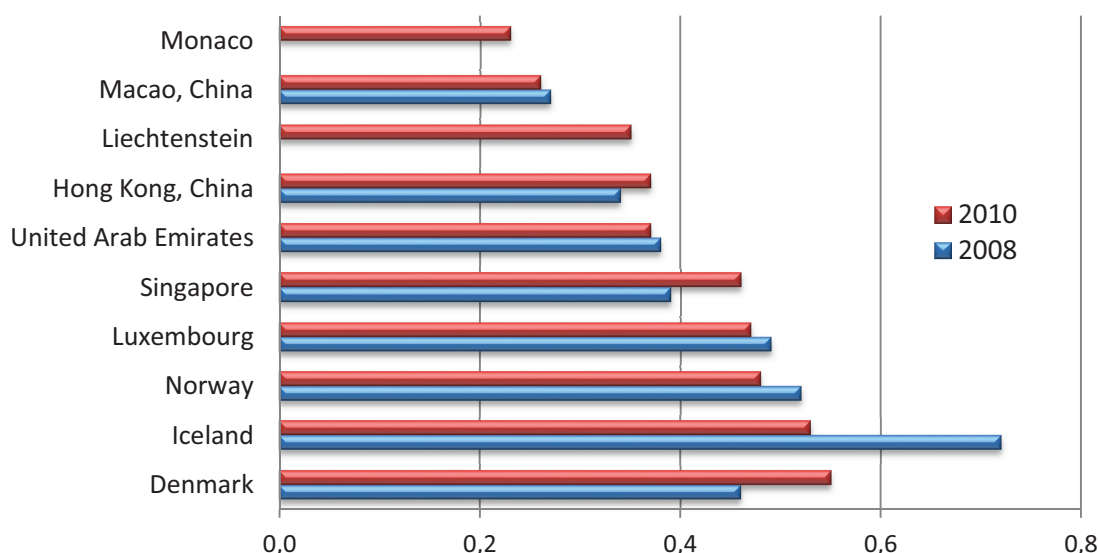


ILUSTRACIÓN 8 - PAÍSES CON LOS PRECIOS TIC MÁS BAJOS (COMO TANTO POR CIENTO DE LOS INGRESOS)<sup>21</sup>

Este fenómeno se puede relacionar también con el concepto de masa crítica presentado anteriormente; no solo los beneficios de las TIC crecen –en general- de forma exponencial con la cuota de penetración, también nos encontramos con un abaratamiento sustancial de cara al cliente final, conforme aumenta la integración de determinada tecnología en la sociedad.

<sup>21</sup> ITU Measuring the Information Society 2011



La masa crítica expresa la necesidad de un volumen determinado de usuarios para poder hacer atractiva, rentable y provechosa una tecnología (como puede ser el despliegue de banda ancha). Este comportamiento hace difícil la reducción de la brecha digital existente entre los países desarrollados y aquellos en vías de desarrollo, que hace que cualquier inversión en TIC realizada en un país desarrollado resulte más ventajosa en todos los sentidos respecto a la misma inversión en otro país menos desarrollado. En la siguiente gráfica podemos ver la evolución, a lo largo de los últimos 10 años, de la penetración de la banda ancha (accesos fijos) según el nivel de desarrollo:

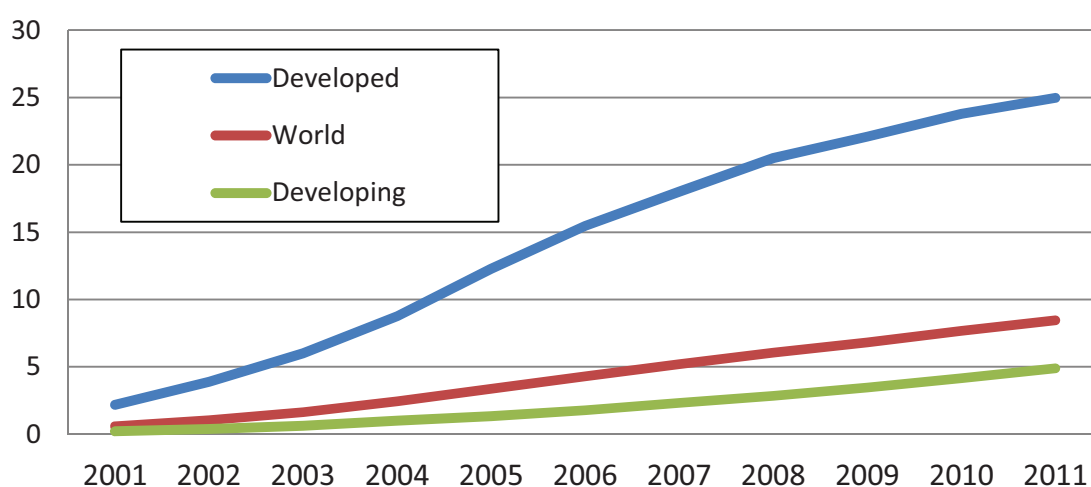


ILUSTRACIÓN 9 - EVOLUCIÓN MUNDIAL DE LOS ACCESOS FIJOS DE BANDA ANCHA POR CADA 100 HABITANTES, 2001-2011<sup>22</sup>

Se puede ver que los países en desarrollo, además de haberse quedado muy atrás, presentan un crecimiento menor. Esto quiere decir que la brecha es cada vez mayor. A fecha de 2011, la escena, desglosada por regiones geográficas es la siguiente:

<sup>22</sup> ITU World Telecommunication /ICT Indicators database

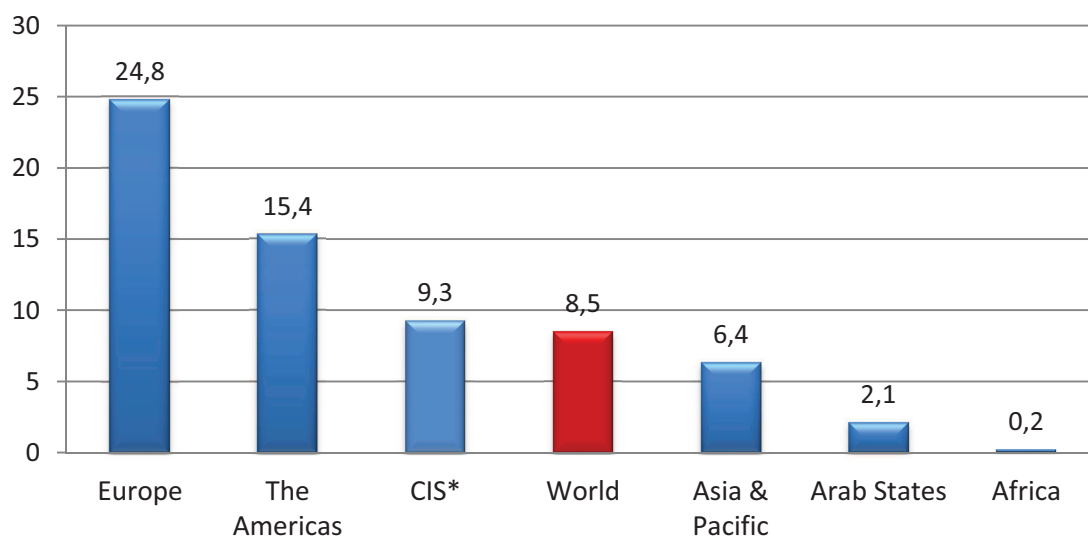


ILUSTRACIÓN 10 - ACCESOS FIJOS DE BANDA ANCHA POR CADA 100 HABITANTES, 2011<sup>23</sup>

\*Comunidad de Estados Independientes, por sus siglas en inglés (repúblicas ex soviéticas)

Europa presenta el mayor índice de penetración de banda ancha fija. En este sentido hay que tener en cuenta que el cálculo aglutina países con desarrollo muy dispar bajo una misma denominación (“Las Américas”, “Asia y Pacífico”). En cualquier caso, es evidente que en África la banda ancha es prácticamente inexistente.

La banda ancha móvil tiene mayor índice de penetración que la banda ancha fija. Se observa que el comportamiento es parecido a lo que ocurría con la banda ancha móvil; en los países desarrollados la tasa total es mucho mayor, así como el ritmo de crecimiento.

<sup>23</sup> ITU World Telecommunication /ICT Indicators database

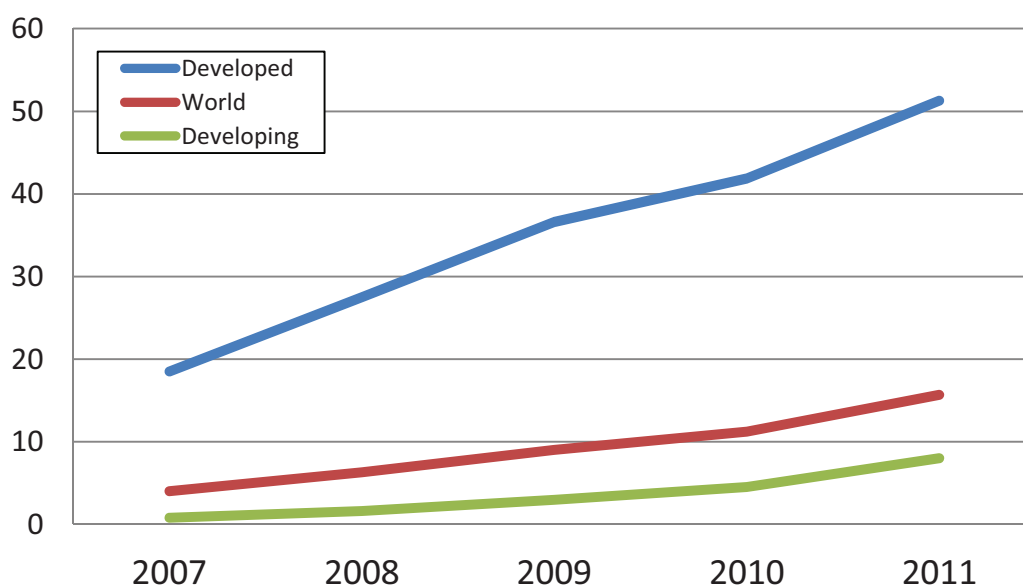


ILUSTRACIÓN 11 - SUSCRIPCIONES ACTIVAS DE BANDA ANCHA MÓVIL POR CADA 100 HABITANTES, 2007-2011<sup>24</sup>

A fecha de 2011, estas son las cuotas de banda ancha móvil por zona geográfica:

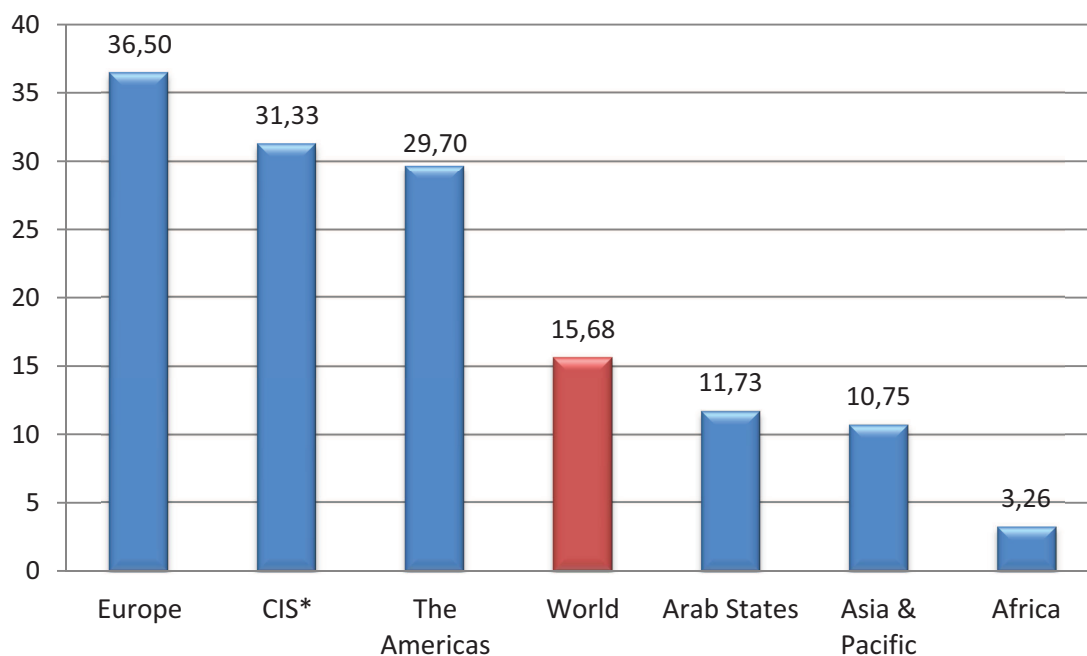


ILUSTRACIÓN 12 - SUSCRIPCIONES ACTIVAS DE BANDA ANCHA MÓVIL POR CADA 100 HABITANTES, 2011<sup>25</sup>

<sup>24</sup> ITU World Telecommunication /ICT Indicators database

\*Comunidad de Estados Independientes, por sus siglas en inglés (repúblicas ex soviéticas)

Podemos comprobar que los resultados son proporcionalmente parecidos al caso de la banda ancha fija. Se puede destacar el mejor posicionamiento de las repúblicas ex soviéticas; probablemente el mayor acceso a banda ancha móvil se deba a la mayor dispersión poblacional que presentan estos territorios, lo que demanda soluciones de mayor cobertura.

## 4.2 DESARROLLO DE LA BANDA ANCHA EN EUROPA.

Según la Agenda Digital Europea, el sector de las TIC es directamente responsable del 5% del PIB europeo, con un valor de mercado de 660.000 millones de euros al año.

El crecimiento de la banda ancha en Europa ha sido constante, como se puede ver en la gráfica siguiente:

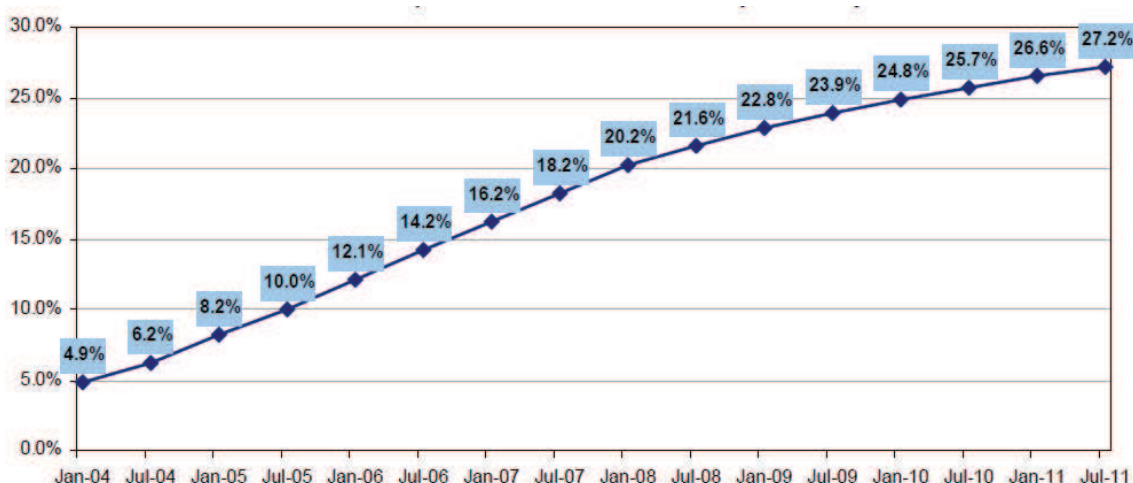


ILUSTRACIÓN 13 - PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA A NIVEL EUROPEO DESDE ENERO DE 2004 HASTA JULIO DE 2011<sup>26</sup>

En cualquier caso, la tasa de crecimiento alcanzó valores máximos a lo largo de 2006-2007, y ha decrecido hasta la tercera parte, como se puede apreciar a continuación:

<sup>25</sup> ITU World Telecommunication /ICT Indicators database

<sup>26</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

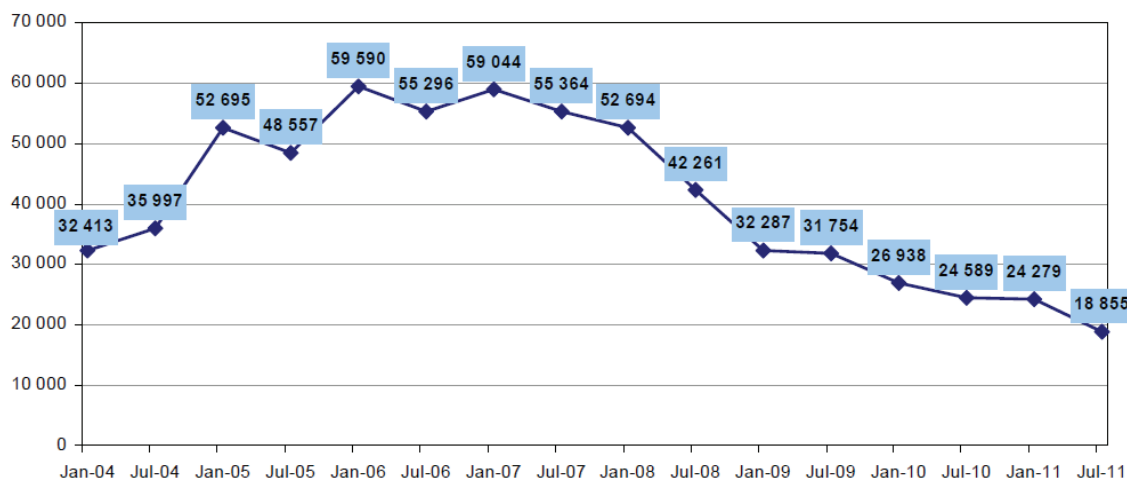


ILUSTRACIÓN 14 - CRECIMIENTO DIARIO DE LÍNEAS DE BANDA ANCHA A NIVEL EUROPEO DESDE ENERO DE 2004 HASTA JULIO DE 2011<sup>27</sup>

Por países, vemos que las diferencias dentro de Europa son bastante acusadas, despuntando Holanda y Dinamarca. Hay que tener en cuenta, además del índice de desarrollo de estos países, que son mucho más pequeños en extensión que la mayoría de los demás, lo que facilita el despliegue de banda ancha.

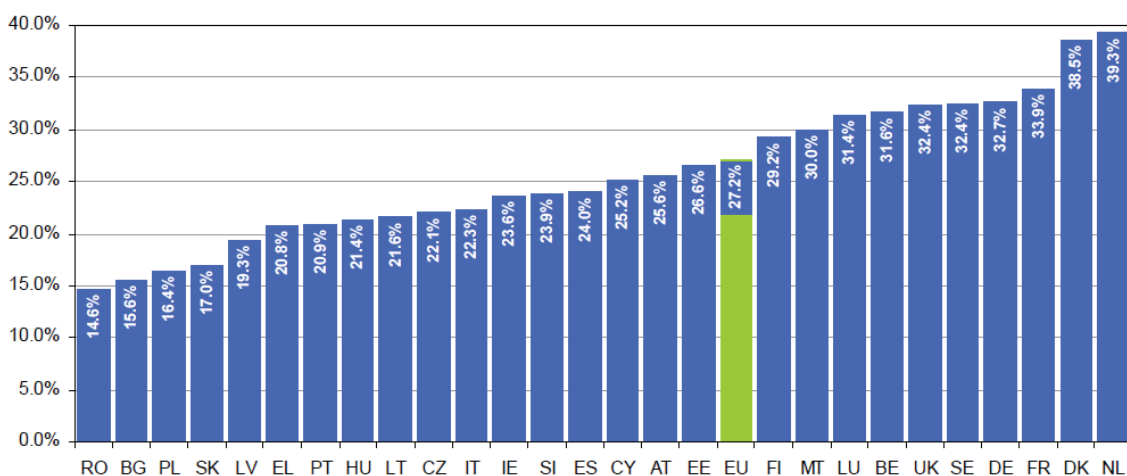


ILUSTRACIÓN 15 - PENETRACIÓN DE BANDA ANCHA FIJA POR PAÍSES, JULIO 2011<sup>28</sup>

El comportamiento en cuanto al despliegue está siendo muy dispar entre los distintos países de la unión. Podemos identificar países que tienen altas tasas de penetración y que además siguen creciendo a un ritmo superior a la media (cuadrante superior derecho de la gráfica siguiente, véase Francia por ejemplo). Se pueden identificar países que, teniendo una buena tasa de penetración han ralentizado el despliegue (Holanda, Dinamarca –es difícil crecer rápido cuando la tasa ya es alta-). Hay otros países que estando por debajo de la media crecen a un ritmo superior (España se

<sup>27</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

<sup>28</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

encuentra en este cuadrante, cerca de la media Europea en tasa de penetración, y ligeramente por encima en tasa de crecimiento). Hay países que se están quedando claramente rezagados, pues tienen bajas tasas de penetración, y su velocidad de crecimiento hace prever que seguirán a la cola de Europa en este sentido (cuadrante inferior izquierdo, véase Rumanía, *RO*).

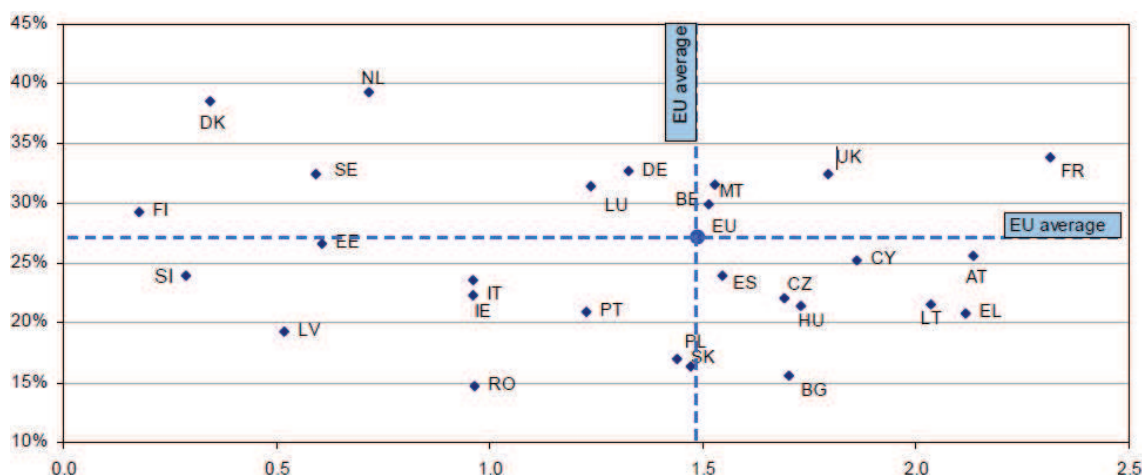


ILUSTRACIÓN 16 - PENETRACIÓN DE BANDA ANCHA FIJA Y VELOCIDAD DE CRECIMIENTO POR PAÍSES, JULIO 2011<sup>29</sup>

Por tecnologías, podemos apreciar como a lo largo de los últimos 6 años el DSL y el cable se han ido repartiendo el crecimiento de forma más o menos proporcional, además de la aparición y el mayor crecimiento relativo de otras tecnologías (entre ellas la fibra óptica).

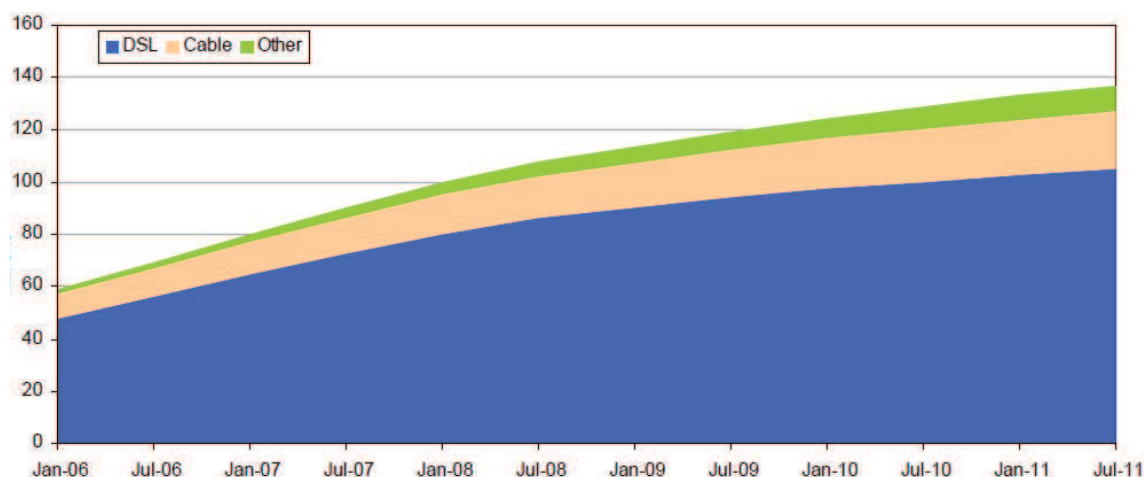


ILUSTRACIÓN 17 - LÍNEAS FIJAS DE BANDA ANCHA FIJA POR TECNOLOGÍAS A NIVEL EUROPEO, ENTRE ENERO DE 2006 Y JULIO DE 2011<sup>30</sup>

En la gráfica siguiente analizamos el histórico de altas diarias para cada tipo de tecnología. Podemos ver el evidente declive de las tecnologías DSL, que no ha tenido

<sup>29</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

<sup>30</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

su réplica en el crecimiento exagerado de ninguna otra tecnología; cada vez se instalan menos conexiones de banda ancha fija, y proporcionalmente aún menos basadas en DSL.

Las conexiones a través de cable han bajado también, pero no en la medida del DSL. Respecto a otras tecnologías (como la fibra óptica) su instalación es pequeña en número, pero –con altibajos– está creciendo en porcentaje sobre el número de altas totales.

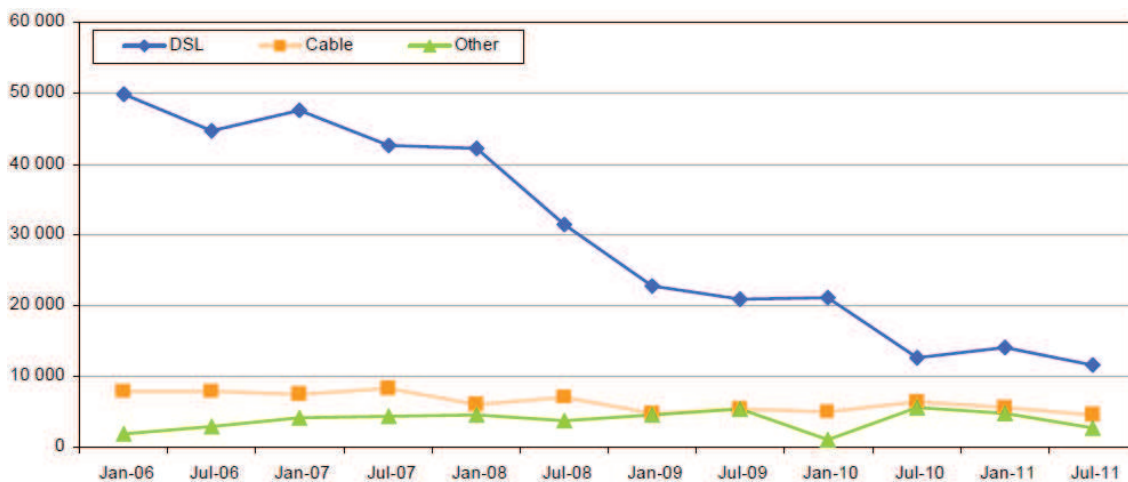


ILUSTRACIÓN 18 - CRECIMIENTO DIARIO DE SERVICIOS DE BANDA ANCHA FIJA EN LA UE POR TECNOLOGÍAS<sup>31</sup>

En los resultados anteriores hay que considerar que el número de altas diarias no puede mantenerse indefinidamente en números altos; es lógico pensar que cuanto mayor sea la penetración de la banda ancha, más decrecerá el número de altas, puesto que menor será el número de potenciales usuarios por suscribirse. En cualquier caso, hay que considerar que la bajada no debería ser tan acusada si realmente pretendemos conseguir una buena tasa de penetración a nivel europeo (según los objetivos de la Agenda Digital Europea deberíamos estar aún lejos de la tasa de saturación, veremos esto más adelante).

<sup>31</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

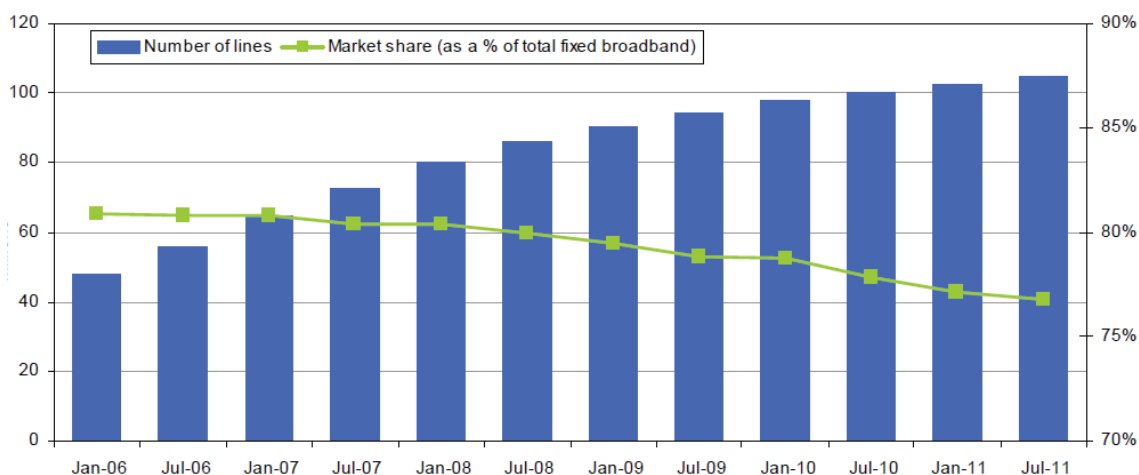


ILUSTRACIÓN 19 - LÍNEAS DSL Y CRECIMIENTO EN LA UE<sup>32</sup>

En la gráfica anterior podemos ver en detalle lo que está sucediendo con las tecnologías DSL: el número absoluto de líneas crece con el tiempo, pero en porcentaje esta tecnología está perdiendo terreno. Aun así, DSL sigue siendo la tecnología mayoritaria en Europa en lo que a acceso a banda ancha fija se refiere.

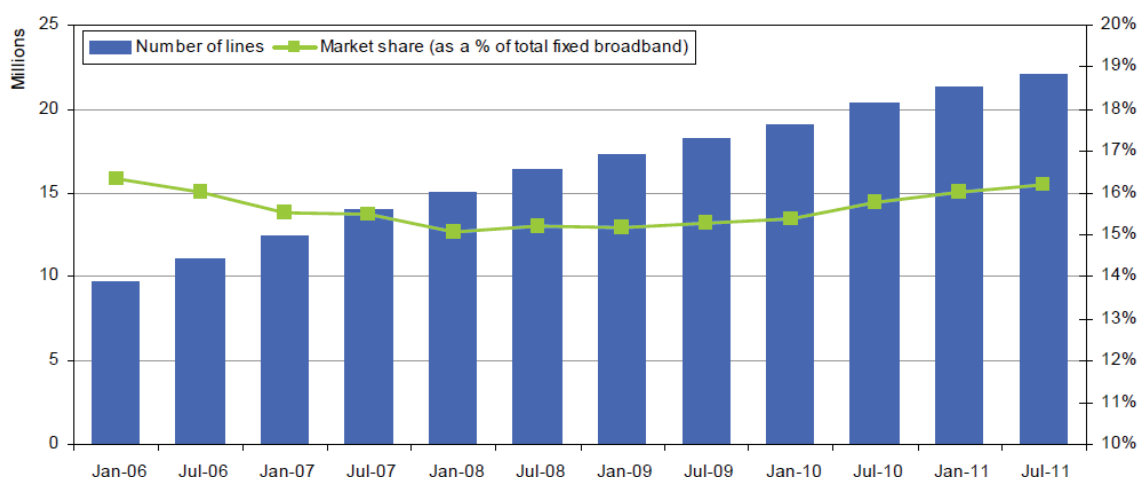


ILUSTRACIÓN 20 - NÚMERO DE LÍNEAS Y CRECIMIENTO EN LA UE DE LA BANDA ANCHA POR CABLE<sup>33</sup>

Respecto al acceso por cable, se ha mantenido en los últimos años como la alternativa al DSL, manteniendo su cuota de mercado en torno al 15-16%. Este mantenimiento estable de la cuota quiere decir que la instalación de conexiones por cable ha seguido la tónica del mercado de la banda ancha fija, evolucionando ambos de forma paralela.

En cuanto a los accesos por fibra óptica, el crecimiento es muy lento, siendo todavía una tecnología de acceso minoritaria, como podemos ver en la gráfica siguiente:

<sup>32</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

<sup>33</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.



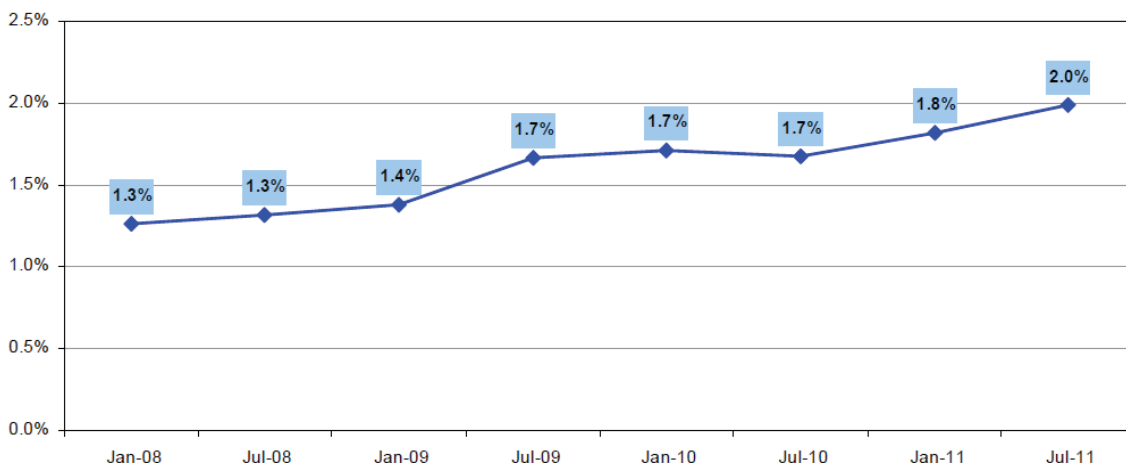


ILUSTRACIÓN 21 - PORCENTAJE DE LÍNEAS FTTH SOBRE EL TOTAL DE LA BANDA ANCHA FIJA EN LA UE<sup>34</sup>

Respecto a qué tipo de operador presta el servicio, y este aspecto va a resultar importante cuando realicemos el estudio económico del despliegue, en Europa se ha producido una progresiva proliferación de operadores alternativos al operador incumbente de cada país. En la siguiente gráfica se aprecia intuitivamente este fenómeno:

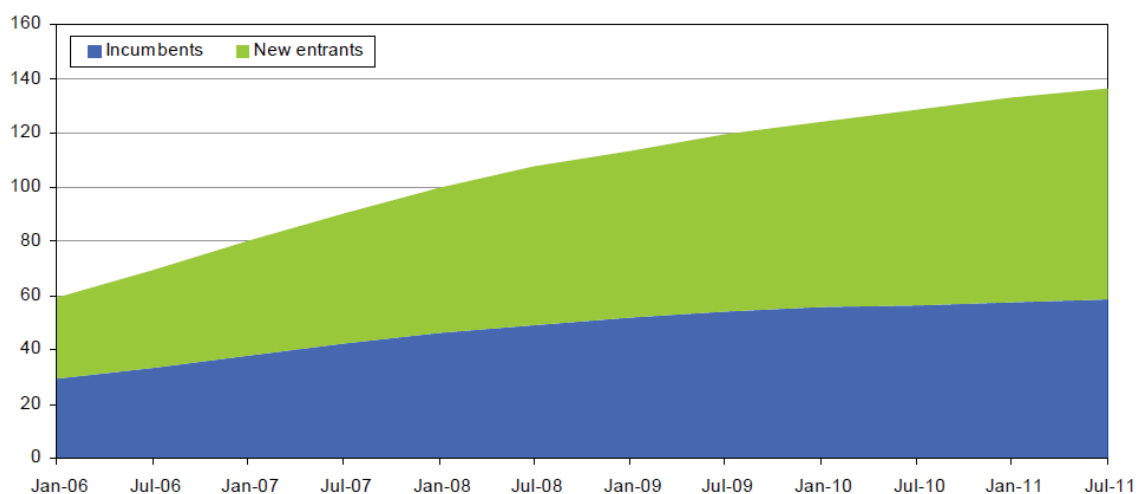


ILUSTRACIÓN 22 - LÍNEAS DE BANDA ANCHA FIJA (EN MILLONES) EN LA UE, POR TIPO DE OPERADOR<sup>35</sup>

Con datos más concretos, en la gráfica siguiente vemos como desde 2006 hemos pasado de un reparto 50/50 entre los incumbentes de cada país y sus respectivos competidores entrantes, a una situación en la que los operadores alternativos tienen claramente una mayor presencia en el mercado:

<sup>34</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

<sup>35</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

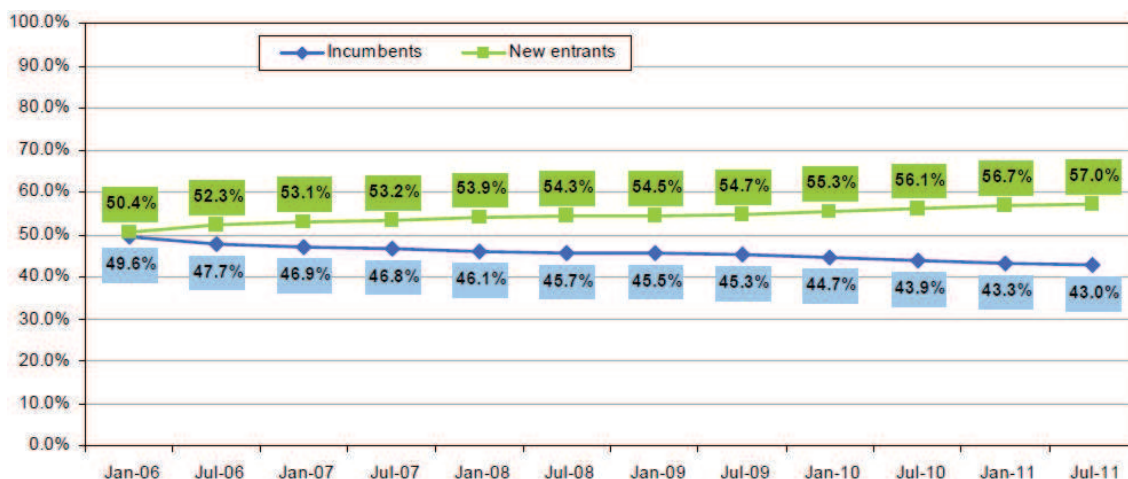


ILUSTRACIÓN 23 - PORCENTAJE DE LÍNEAS DE BANDA ANCHA FIJA (EN MILLONES) EN LA UE, POR TIPO DE OPERADOR<sup>36</sup>

Según la gráfica anterior, cabe esperar que los operadores entrantes estén recibiendo más altas de abonado que los respectivos operadores incumbentes, lo que explicaría que lentamente la brecha entre unos y otros vaya aumentando. En este sentido se debe señalar que en los últimos años los operadores alternativos de cada país han tenido, en su conjunto, un mayor número de altas de abonado que los operadores incumbentes. Podemos ver datos concretos en la gráfica siguiente:

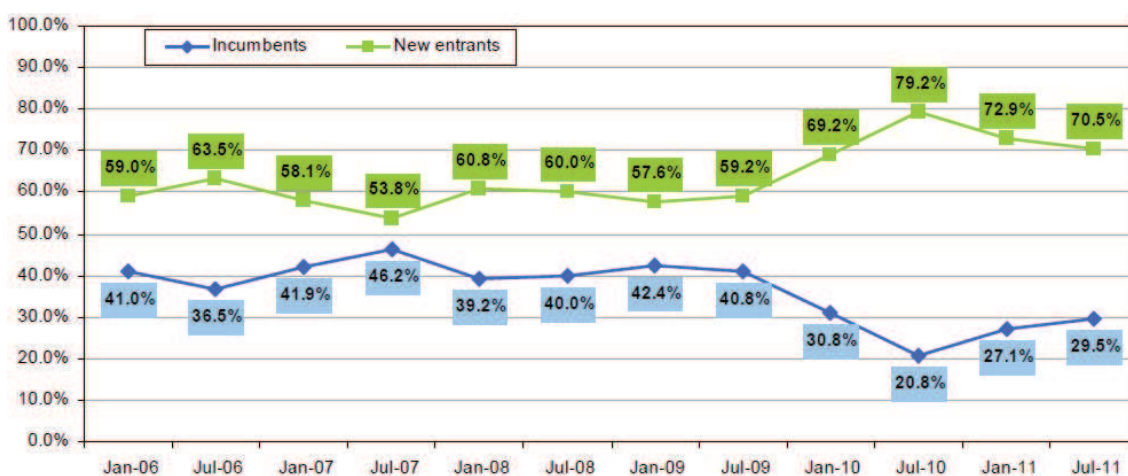


ILUSTRACIÓN 24 - REPARTO, POR TIPO DE OPERADOR, DE LAS NUEVAS SUSCRIPCIONES DE BANDA ANCHA FIJA<sup>37</sup>

No cabe esperar variaciones importantes en las cuotas de mercado de operadores incumbentes y operadores alternativos, debido principalmente a que cada vez el número de altas es menor (ver siguiente gráfica) lo que estabiliza las cuotas de mercado de los participantes.

La gráfica anterior, expresada en número absoluto de nuevos suscriptores, queda como sigue:

<sup>36</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

<sup>37</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

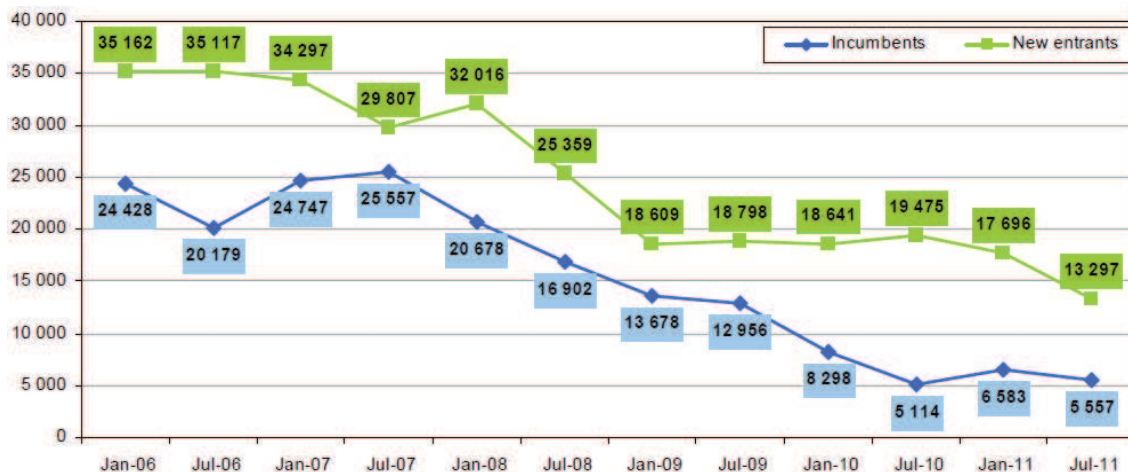


ILUSTRACIÓN 25 - INCREMENTO DIARIO, POR TIPO DE OPERADOR, DE LAS SUSCRIPCIONES DE BANDA ANCHA FIJA<sup>38</sup>

En 2011, en los países europeos nos encontrábamos con el siguiente reparto entre los respectivos operadores incumbentes y los nuevos entrantes:

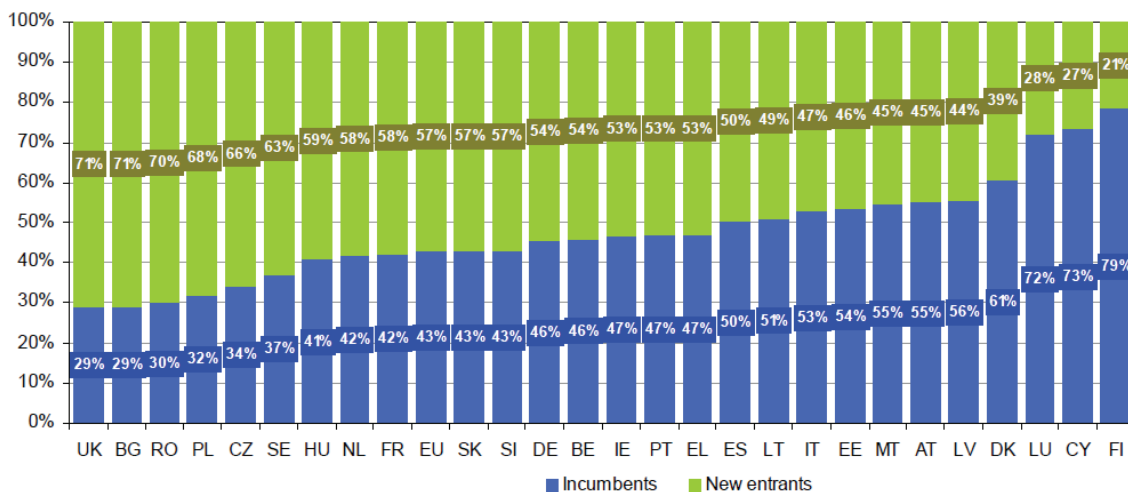


ILUSTRACIÓN 26 - BANDA ANCHA FIJA: CUOTAS DE MERCADO EN CADA PAÍS DE LA UE, POR TIPO DE OPERADOR (JULIO 2011)<sup>39</sup>

Hasta el momento hemos hablado de forma muy general acerca de la banda ancha. Si tenemos en cuenta a qué velocidades nos estamos refiriendo podremos darnos cuenta que las velocidades no son en general muy elevadas. En la siguiente gráfica podemos comprobar el histórico de la evolución de las distintas conexiones, desglosadas por velocidades:

<sup>38</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

<sup>39</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

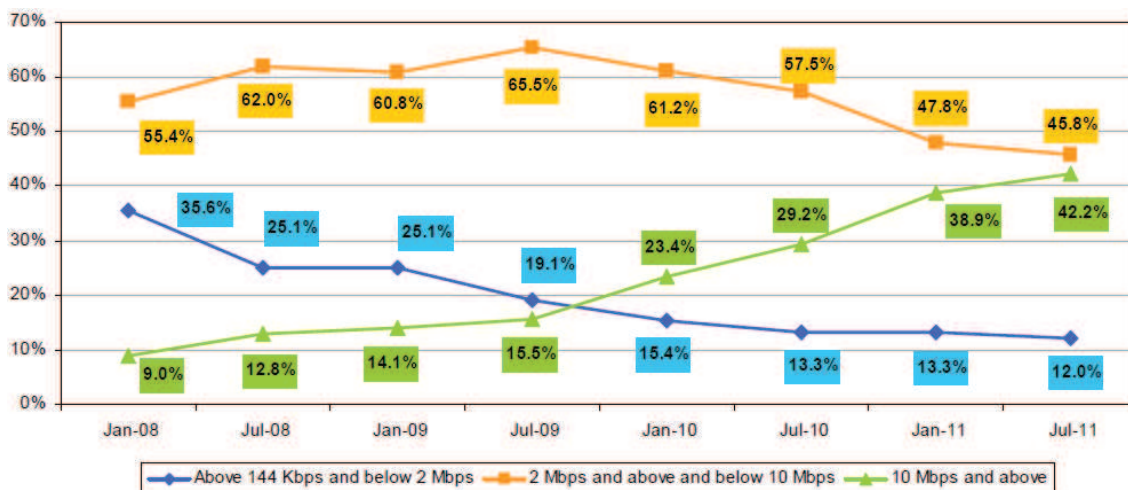


ILUSTRACIÓN 27 - PORCENTAJE DE ACCESOS DE BANDA ANCHA EN LA UE, SEGÚN VELOCIDAD<sup>40</sup>

Podemos comprobar el progresivo aumento de las conexiones más veloces, en detrimento del resto.

A fecha de 2011, el reparto de velocidades en cada país europeo quedaba como sigue:

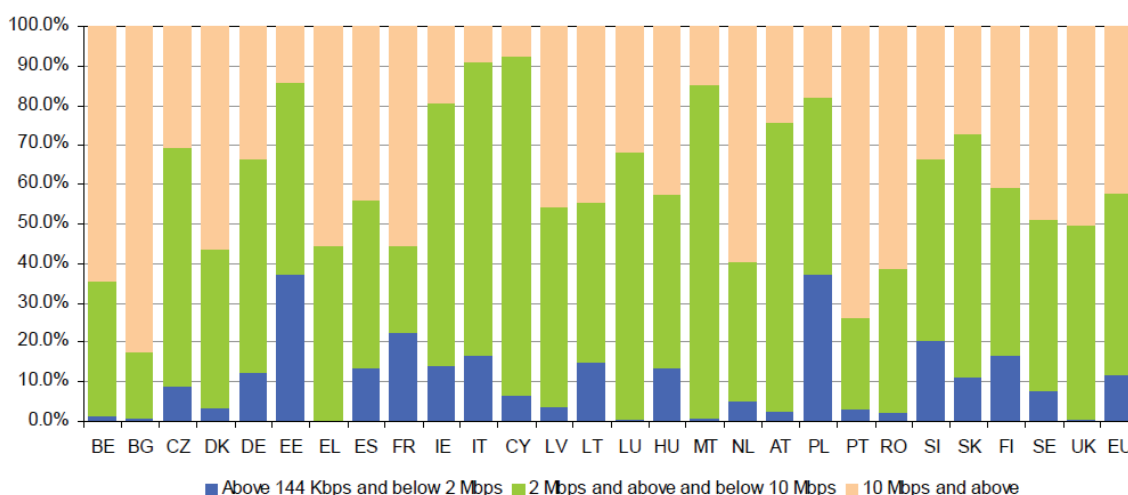


ILUSTRACIÓN 28 - PORCENTAJE DE ACCESOS DE BANDA ANCHA EN LOS PAÍSES DE LA UE, SEGÚN VELOCIDAD (JULIO 2011)<sup>41</sup>

Cuando realicemos el estudio económico de las redes de banda ancha fija veremos la necesidad de plantear una alternativa allí donde no resulte viable el despliegue de fibra. Esta alternativa viene dada por las redes móviles (más adelante veremos cómo y por qué). Es por ello que necesitamos también considerar el estado del acceso a banda ancha en Europa a través de red móvil:

<sup>40</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

<sup>41</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

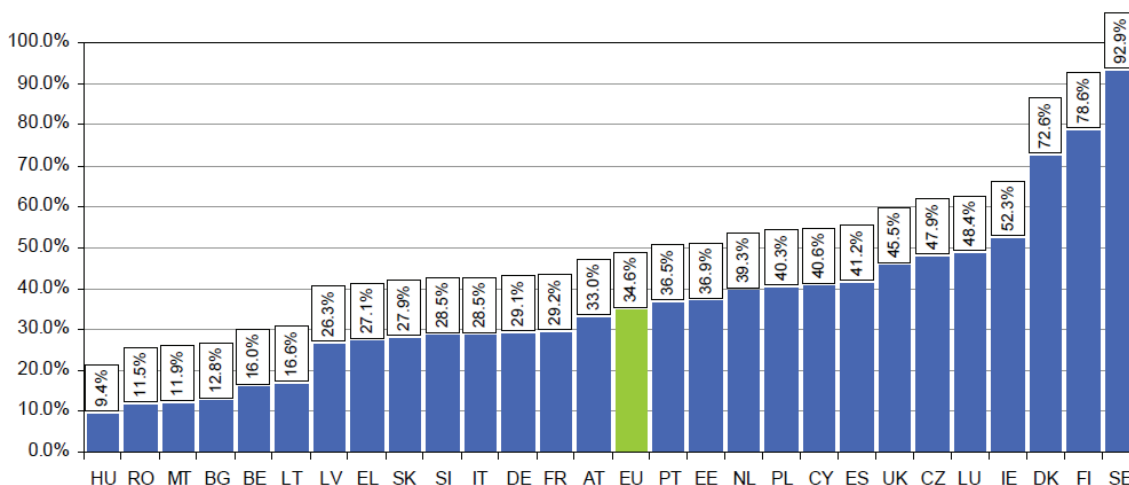


ILUSTRACIÓN 29 - ÍNDICE DE PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA MÓVIL EN LOS PAÍSES DE LA UE (JULIO 2011)<sup>42</sup>

Considerar que el acceso por red móvil no solo considera el uso de teléfonos, también considera el uso de acceso a red móvil mediante un ordenador conectado a tarjeta de datos. Este tipo de dispositivos ha tenido un crecimiento importante en los últimos años, como se puede apreciar en la siguiente gráfica:

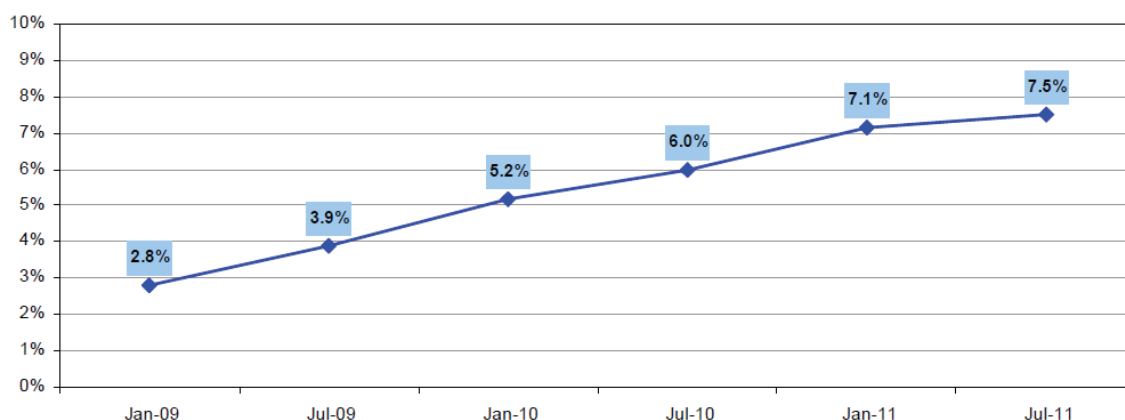


ILUSTRACIÓN 30 - BANDA ANCHA MÓVIL EN LA UE: PORCENTAJE DE TARJETAS DE DATOS<sup>43</sup>

Por países, los porcentajes quedan como sigue:

<sup>42</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

<sup>43</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

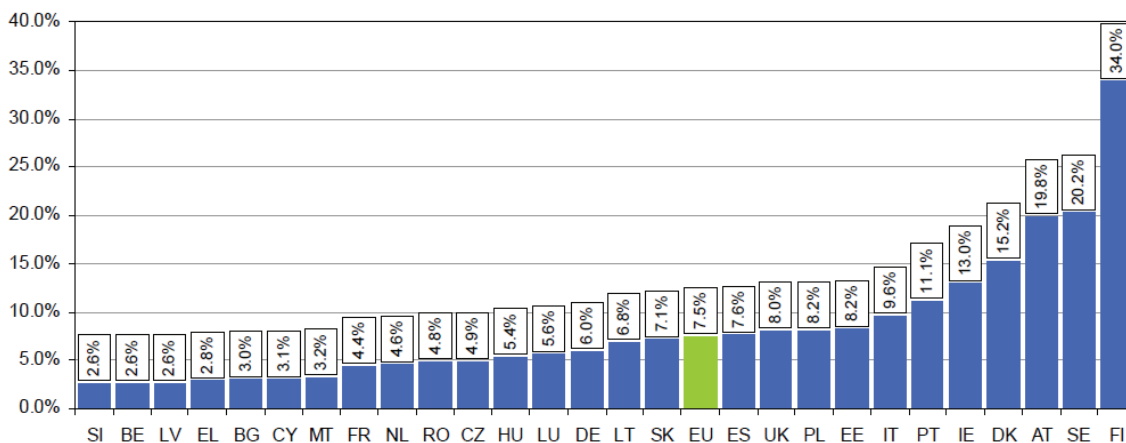


ILUSTRACIÓN 31 - BANDA ANCHA MÓVIL EN LA UE: PORCENTAJE DE TARJETAS DE DATOS POR PAÍSES (JULIO 2011)<sup>44</sup>

### 4.3 EL SECTOR DE LAS TIC EN ESPAÑA

Una vez visto el impacto que las TIC tienen en la economía de las naciones, y sabiendo la importancia de la velocidad de acceso como elemento articular de las tecnologías de la información, veamos las cifras del sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones en España, según datos del ONTSI<sup>45</sup>:

#### 4.3.1 EL SECTOR TIC EN SU CONJUNTO

El número de empresas activas fue de 30.333 empresas en el año 2009. De éstas, un 11% prestan servicios de Telecomunicaciones y el 89% de las empresas se dedican a las Tecnologías de la Información (TI) y los Contenidos. En este último grupo, el 50% de las empresas prestan servicios de Actividades Informáticas, seguido de las de Contenidos con un 29%, y el Comercio con un 11%.

Las empresas de las Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones (TIC), junto con las de los Contenidos suponen un 2,5% del total de empresas del Sector Servicios.

La facturación del sector TIC en 2010 fue de 104.373 millones de euros, con un descenso respecto de 2009 del 2,8%. El 62% de la facturación se debe a las empresas de las TI y los Contenidos, y el 38% restante lo aportan las empresas de Telecomunicaciones. Dentro de las TI y los Contenidos, las Actividades informáticas representan un 42,5% de la facturación total, seguidas del Comercio que supone un 25,2% y los Contenidos con 19,5%.

El ratio ingresos TIC/PIB para 2010 fue de un 9,8%.

<sup>44</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

<sup>45</sup> Informe del Sector de las Telecomunicaciones y las Tecnologías de la Información. ONTSI, 2011

En 2010, las empresas TIC y de los Contenidos dieron empleo a más de 459.000 personas, un 1,5% menos que en 2009. Las empresas de las TI y de los Contenidos son las que más empleo generan, con un 83% del total, disminuyendo un 1,2% respecto de 2009. Las empresas de Telecomunicaciones aportaron un 17% del empleo, con 77.839 puestos de trabajo.

**Inversión:** Las empresas TIC y de los Contenidos invirtieron más de 16.000 millones de euros durante 2010. Las mayores inversiones fueron las realizadas por las empresas de TI y los Contenidos, que supusieron el 73% de la inversión total del sector.

El valor añadido bruto a precios de mercado superó los 62.000 millones de euros en 2010, un 2,2% menos que en 2009. Esta cantidad representa el 5,85% del Producto Interior Bruto de 2010, frente al 6,04% del 2009.

El saldo comercial del sector TIC en 2010 fue negativo, ascendiendo a 11.201 millones de euros, con una cobertura del 50,1%. Las exportaciones fueron de 11.224 millones de euros. Las importaciones ascendieron a 22.425 millones de euros.

#### **4.3.2 EL SECTOR DE LAS TELECOMUNICACIONES EN ESPAÑA**

El número de empresas activas en el año 2009 era de 3.343 empresas. Las empresas de Telecomunicaciones suponen un 11% del total de empresas del sector TIC.

**Ingresos:** Los ingresos del sector de las Telecomunicaciones en España disminuyeron en 2010 un 3,5%, hasta situarse en los 39.787 millones de euros, este resultado ralentiza el retroceso que se había iniciado en 2009.

Por categorías, la facturación por servicios minoristas fue de 33.396 millones de euros, un 3,4% menos que en el 2009. Los servicios mayoristas facturaron 6.391 millones, un 3,7% menos que en 2009, esta tendencia a la baja del mercado mayorista se mantiene desde el año 2006.

La debilidad de la demanda, consecuencia de la crisis, afectó a los servicios finales, especialmente en telefonía fija y en telefonía móvil, registrándose un descenso tanto en los ingresos, como en el tráfico.

Los servicios audiovisuales facturaron 4.423 millones de euros, excluyendo las subvenciones, un 2,1% menos que en 2009. Esta caída estuvo motivada por la reducción en la demanda de servicios de vídeo bajo demanda y de pago por visión.

En 2010 el empleo en el sector de las Telecomunicaciones disminuyó casi un 3%, pasando de 80.080 empleos en 2009 a 77.839 en 2010.

Los operadores móviles fueron los que experimentaron un mayor crecimiento en su plantilla.



La facturación por empleado creció significativamente en los últimos ocho años, pasando de 315.000 euros en 2003 a los 429.000 euros por empleado en 2010.

La inversión en el sector de Telecomunicaciones en 2010 ascendió a 4.480 millones de euros, incluyendo tanto las actividades de telecomunicaciones como los servicios audiovisuales, lo que supone un 4,6% más que en 2009.

#### **4.3.3 EL SECTOR DE LAS TI Y LOS CONTENIDOS**

El número de empresas en el sector de las TI y los Contenidos en 2009 se situó en 26.990 empresas, un 2,2% más que en 2008. El 50,2% son empresas de Actividades Informáticas con 13.558 empresas, seguidas de las de Contenidos con el 29,6%, el Comercio con un 11,2% y las del subgrupo Otras actividades de telecomunicaciones con un 5,5%. Las empresas de Fabricación suponen tan sólo el 3,4% del total.

La facturación del sector TI y los Contenidos supone el 62% del total del sector en su conjunto (TIC y Contenidos), alcanzando en 2010 más de 64.000 millones de euros, un 2,3% menor que en 2009. La facturación de las empresas manufactureras es la que experimenta un descenso más acusado de 18,6%, seguida de las empresas que se dedican a otras actividades de telecomunicaciones con un 14,4% y las de los Contenidos con un 3,1%. Por el contrario, aumenta la cifra de negocios de las empresas de Comercio un 12,7%, y la de las empresas de Actividades Informáticas un 0,7%.

El sector TI y de los Contenidos dio empleo en 2010 a más de 381.000 personas, un 1,2% menos que en 2009. Las TI y los Contenidos generaron el 83% del total del empleo del sector en su conjunto. Destacan las Actividades informáticas, que generaron más de 240.000 empleos seguidas de los Contenidos con más de 69.000 empleos y el Comercio con más de 35.000 personas.

Las empresas TI y de los Contenidos invirtieron más de 12.000 millones de euros durante 2010, de los que 6.861 millones corresponden a las Actividades Informáticas. Las inversiones realizadas suponen el 73% de la inversión del sector en su conjunto.

#### **4.3.4 LA BANDA ANCHA EN ESPAÑA**

La penetración de la banda ancha en España era, a finales de 2011, la siguiente<sup>46</sup>:

---

<sup>46</sup> Informe Anual CMT 2011



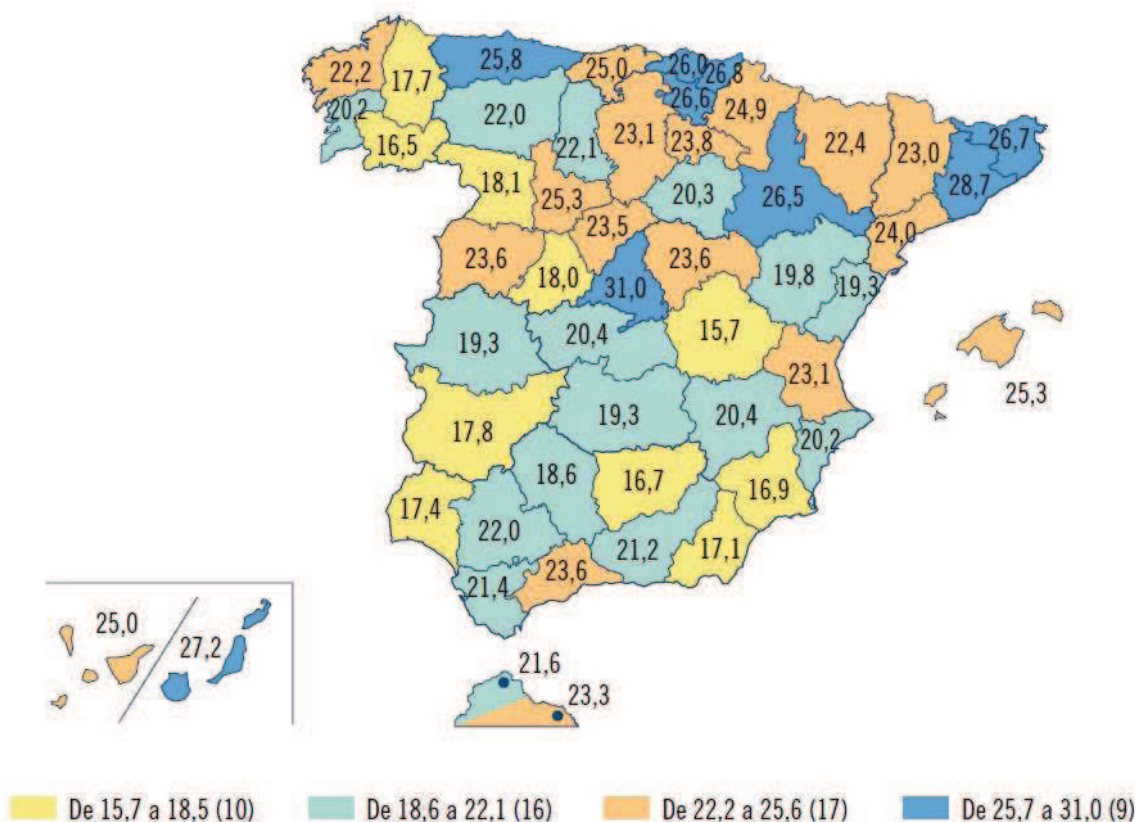


ILUSTRACIÓN 32 - PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA POR PROVINCIAS (LÍNEAS/100 HABITANTES)<sup>47</sup>

En el año 2011 las líneas de banda ancha aumentaron un 4,8% hasta alcanzar un parque total de 11,16 millones, mientras que los ingresos asociados fueron de 3.444,7 millones de euros, con una reducción del 1,2% respecto a 2010.

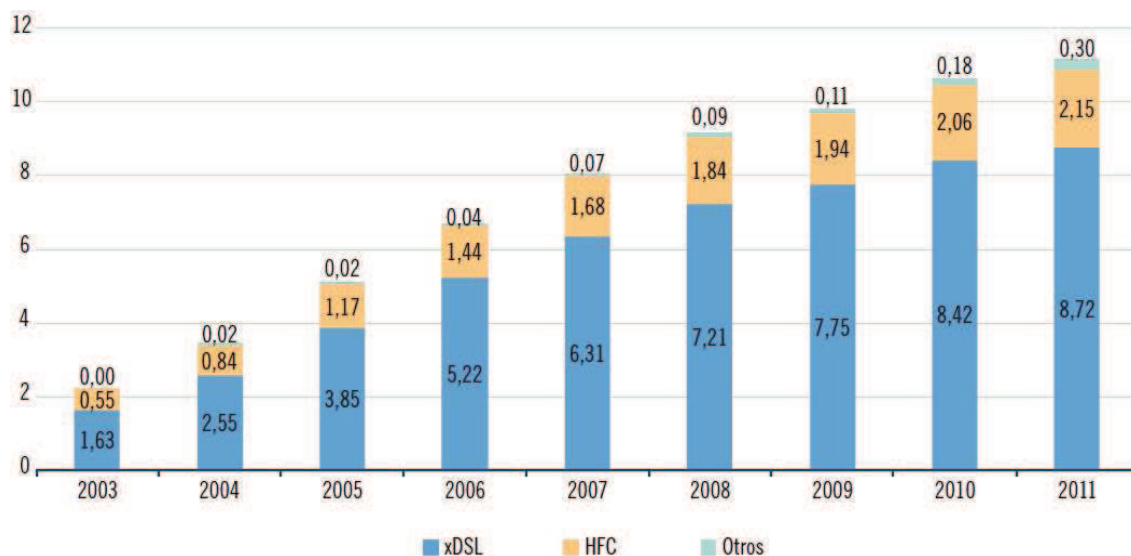


ILUSTRACIÓN 33 - EVOLUCIÓN DE LAS LÍNEAS DE BANDA ANCHA EN ESPAÑA, POR TECNOLOGÍA (MILLONES DE LÍNEAS)<sup>48</sup>

<sup>47</sup> Informe Anual CMT 2011

El total de servicios de Internet –que además de banda ancha incluye los servicios de acceso conmutado y otros– facturó 3.913,3 millones de euros, un 2,8% menos que el año anterior.

Los operadores alternativos de xDSL, que prestan sus servicios finales utilizando la oferta mayorista regulada de Telefónica, destacaron por su fuerte captación de clientes con un aumento de más de medio millón de líneas en el ejercicio. Por el contrario, Telefónica sufrió una pérdida neta de líneas durante el año y vio caer su cuota de mercado por debajo del 50%.

Más del 90% de las líneas de banda ancha se contrataron de modo conjunto con el acceso y la telefonía fija.

Los altos niveles de portabilidad observados en la numeración fija se relacionan también con unas altas tasas de cambio de proveedor de banda ancha por parte de los usuarios. Este arbitraje por parte de la demanda hacia los proveedores con menores precios alentó a Telefónica a reducir sus precios, bien a través de promociones específicas con duración temporal limitada, o bien introduciendo nuevas tarifas significativamente más bajas que las existentes hasta el momento.

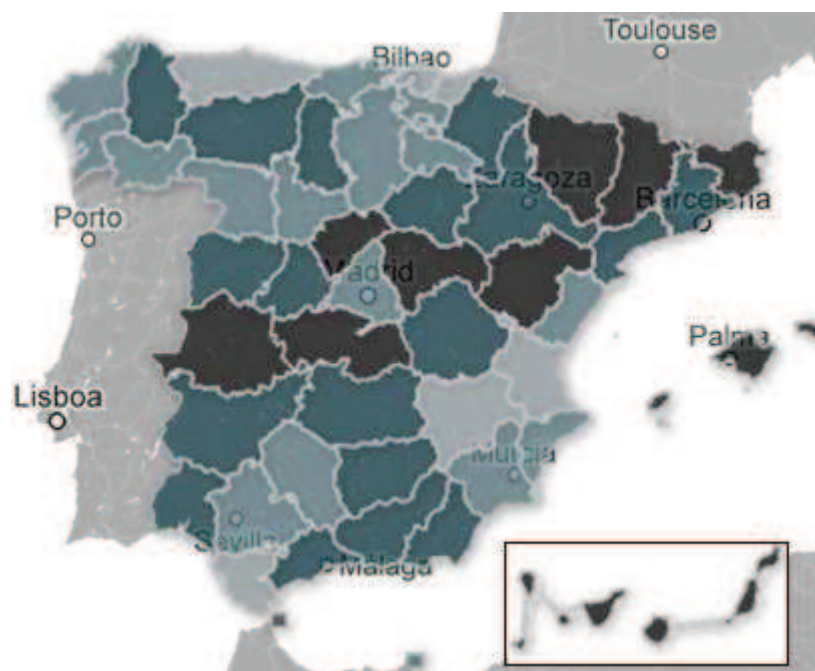


ILUSTRACIÓN 34 - CUOTA DE BANDA ANCHA: TELEFÓNICA<sup>49</sup>

<sup>48</sup> Informe Anual CMT 2011

<sup>49</sup> Blog CMT

ILUSTRACIÓN 35 - CUOTA DE BANDA ANCHA: OPERADORES ALTERNATIVOS<sup>50</sup>

Por otro lado, continuó el incremento en las velocidades de bajada de las conexiones. A fin de año, más del 53% de las líneas contratadas contaban con una velocidad nominal de 10 Mbps o superior.

El crecimiento de la demanda de los operadores alternativos provocó un incremento en la demanda de servicios mayoristas –bucles desagregados y líneas de acceso indirecto– y arrojó como resultado unos ingresos mayoristas de 545,6 millones de euros, un 20% más que en el periodo anterior. En total, los bucles desagregados alcanzaron la cifra de 2,88 millones, lo cual supone un crecimiento del 16,3% respecto al año anterior.

Por lo que respecta al servicio de acceso indirecto a la banda ancha, continuó el incremento de líneas iniciado a finales del año 2009. Se vio una reducción de los precios de estos servicios y la introducción de nuevas modalidades, como las que permiten a los operadores contratar la banda ancha sin el servicio de voz de Telefónica.

En lo relativo al despliegue de redes de acceso de nueva generación, continuó la actualización de las redes HFC de los operadores de cable a DOCSIS 3.0 –el 95,3% de su planta total de accesos instalados– así como las inversiones en el despliegue de la fibra óptica (FTTH). Como consecuencia de estos despliegues de red, las conexiones activas con velocidades contratadas de 30 Mbps o superior rebasaron las 712.000, de las cuales 480.000 corresponden a redes HFC DOCSIS 3.0.

<sup>50</sup> Blog CMT

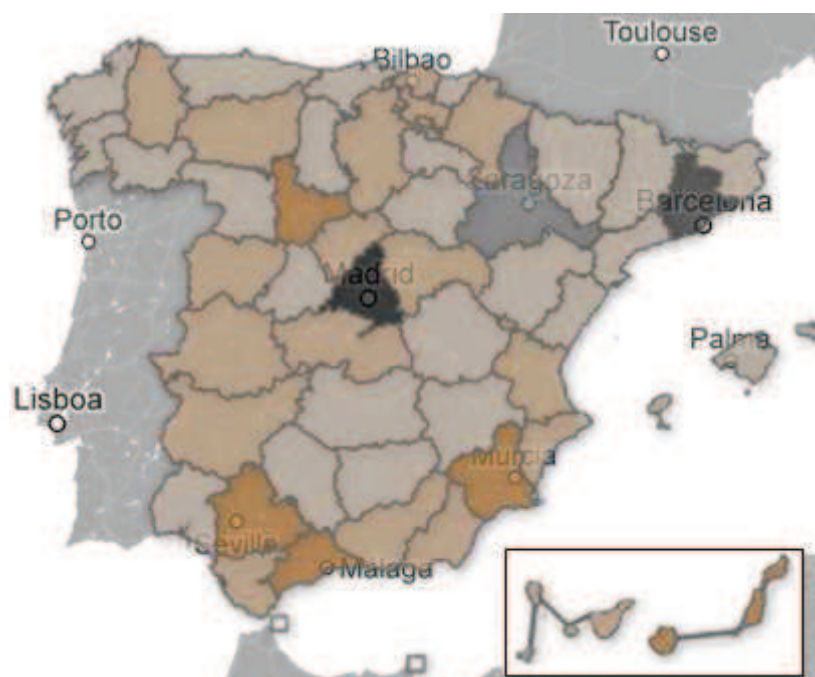


ILUSTRACIÓN 36 - ACCESOS FTTH EN ESPAÑA<sup>51</sup>

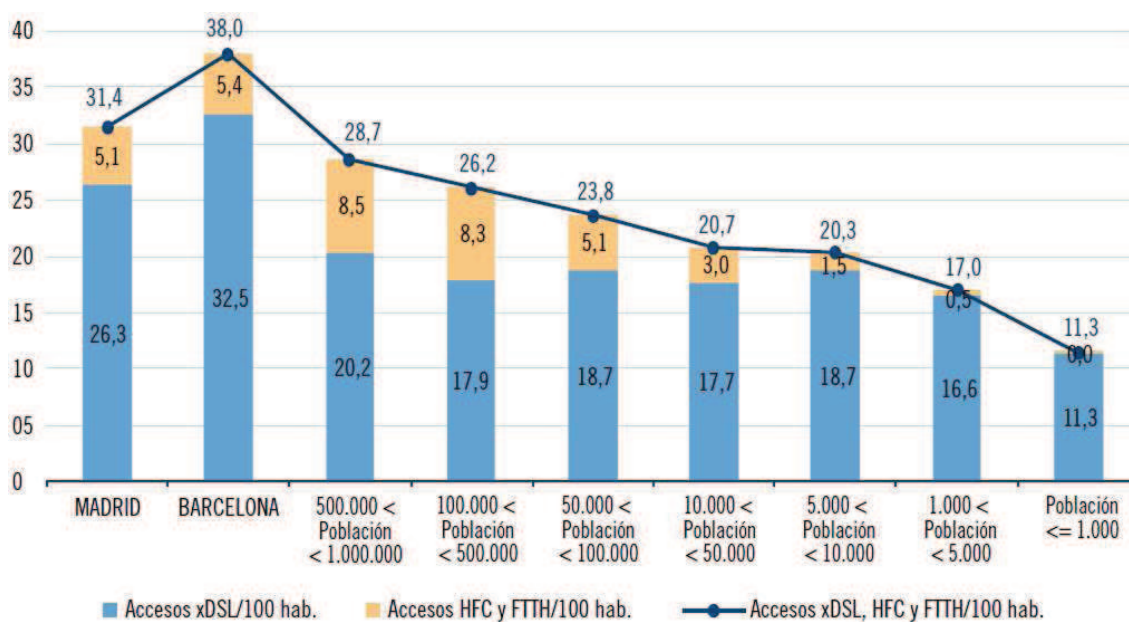


ILUSTRACIÓN 37 - PENETRACIÓN XDSL, HFC Y FTTH POR TIPO DE MUNICIPIO (LÍNEAS/100 HABITANTES)<sup>52</sup>

<sup>51</sup> Blog CMT

<sup>52</sup> Informe Anual CMT 2011



## 5. AGENDA DIGITAL EUROPEA

La Agenda Digital Europea es una de las siete iniciativas que se engloban en la estrategia *Europa 2020*, y tiene como principal objetivo *obtener los beneficios económicos y sociales sostenibles que pueden derivar de un mercado único digital basado en una internet rápida y ultrarrápida y en unas aplicaciones interoperables*.

Frente a los retos que se le plantean a Europa actualmente, que más allá de la actual crisis económica son el envejecimiento demográfico y la competencia mundial, la Agenda expone que nos podemos plantear tres opciones: trabajar más, trabajar durante más tiempo, o trabajar con mayor inteligencia. Probablemente tengamos que hacer las tres cosas, pero es la última la única que garantiza un incremento en el nivel de vida de los europeos. Con tal fin, la Agenda Digital Europea propone medidas que nos encaminen a un crecimiento inteligente, sostenible e incluyente.

La Agenda Digital identifica lo que viene a llamarse “Ciclo Virtuoso de la economía digital”, que se corresponde con el anillo exterior del siguiente diagrama:

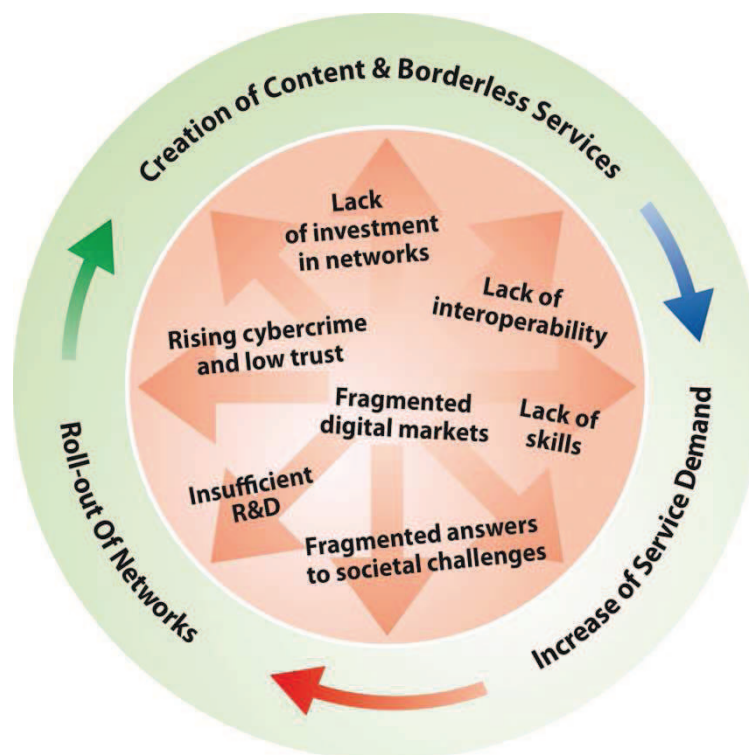


ILUSTRACIÓN 38 - CICLO VIRTUOSO DE LA ECONOMÍA DIGITAL<sup>53</sup>

Según el diagrama, es preciso ofrecer unos contenidos y servicios atractivos, basados en un internet interoperable y sin fronteras. Este hecho estimula la demanda de mayor

<sup>53</sup> Ciclo Virtuoso de la economía digital. Agenda Digital Europea.

velocidad y capacidad, lo que redunda en la necesidad de invertir en redes más rápidas. El despliegue de redes más rápidas permite el desarrollo de servicios innovadores que exploten adecuadamente las velocidades más altas.

Este ciclo puede autoalimentarse si se incentiva adecuadamente este flujo de actividad. La Agenda identifica una serie de problemas concretos a los que se enfrenta Europa en lo relativo a este ciclo virtuoso. Aparecen representados en el centro del diagrama, y son los siguientes:

1. **Fragmentación de los mercados digitales:** Europa es un mosaico de mercados nacionales en línea, lo que impide a los europeos disfrutar de un mercado único digital, debido a problemas perfectamente resolubles mediante un marco regulador adecuado.
2. **Falta de interoperabilidad:** la coordinación entre administraciones en cuanto a fijación de normas, contratación pública y coordinación hace que los servicios y dispositivos digitales que utilizan los europeos a menudo no sean compatibles. En este sentido hay que buscar aplicaciones interoperables, así como plataformas y normas abiertas.
3. **Incremento de la ciberdelincuencia y riesgo de escasa confianza en las redes:** existe una falta de confianza en las nuevas redes de telecomunicación, tanto por el temor a la pérdida de privacidad como por el riesgo de sufrir algún delito, ya sea financiero o de contenido pernicioso. Es importante que se garantice la protección de los datos personales, la intimidad, así como la seguridad de las redes ante las posibles amenazas.
4. **Ausencia de inversión en redes:** las redes constituyen las arterias que dan vida a todo este conglomerado de tecnologías. La Agenda Digital Europea propone un incremento en las velocidades de acceso y un reparto eficiente del espectro. Este apartado es al que se refiere principalmente este proyecto, y el que más adelante veremos más profundamente.
5. **Insuficiencia de los esfuerzos en investigación e innovación:** La Agenda Digital es muy clara en este sentido: *Europa sigue invirtiendo poco, fragmentando sus esfuerzos, infrutilizando la creatividad de las PYME y fracasando en su empeño por transformar la ventaja intelectual de la investigación en la ventaja competitiva de unas innovaciones basadas en el mercado.*
6. **Carencias en la alfabetización y capacitación digitales:** el incremento en la capacidad de las redes y el surgimiento de nuevas aplicaciones debe venir acompañado de la correspondiente educación a los ciudadanos, de forma que las nuevas tecnologías no se conviertan en una forma de exclusión social.
7. **Pérdida de oportunidades para afrontar los retos sociales:** no se están aprovechando adecuadamente las capacidades de las TIC para afrontar los retos sociales más acuciantes: el cambio climático, el envejecimiento de la

población, los costes sanitarios crecientes, la integración de las personas con discapacidad y la digitalización del patrimonio.

Tomando como base los siete puntos presentados anteriormente, la Agenda Digital Europea propone los puntos de acción. A continuación veremos resumidamente los puntos de acción para cada punto, y posteriormente nos centraremos en el punto 4 – inversión en redes- por ser el objeto de este proyecto.

#### **Acciones propuestas por la Agenda Digital Europea para cada campo de actuación:**

1. Frente a **la fragmentación de los mercados digitales** se propone un **mercado digital único**, mediante las siguientes líneas de actuación:
  - **Apertura del acceso a los contenidos.** Evitar que para comercializar –por ejemplo- música en línea, haya que lidiar con licencias en cada uno de los países miembros. Para ello hay que gestionar los derechos colectivamente, concediendo licencias transfronterizas y paneuropeas, preservando siempre la libertad contractual de los titulares de derechos (Directiva marco sobre gestión colectiva de derechos). También hay que estimular plataformas comunes, con sistemas de pago por contenidos confiables, en base a una protección adecuada de los editores. Se propone también una Directiva sobre obras huérfanas para permitir la redifusión de obras agotadas.
  - **Simplificación de las acciones en línea y transfronterizas.** Hasta un 60% de los intentos de comprar en red a otro país fracasa, lo que hace evidente que hay que facilitar los trámites a las empresas que quieren vender a través de internet. La moneda común está ahí, pero los problemas de facturación y pago electrónicos no se han solucionado. La Agenda Digital Europea propone establecer una Zona Única de Pagos en Euros (ZUPE). En referencia a la identificación electrónica se propone una revisión de la Directiva sobre firma electrónica, con vistas a establecer un marco jurídico para el reconocimiento y la interoperabilidad transfronterizos de los sistemas seguros de autenticación electrónica. Además, se establece la necesidad de una directiva sobre el IVA, que garantice la igualdad de trato entre las facturas de papel y las electrónicas.
  - **Crear confianza en el mundo digital.** Entre las razones que los europeos que no realizan compras en línea, encontramos la preocupación en la seguridad de los pagos, el respeto a la intimidad, y una falta de confianza general en el mundo digital. Si queremos promover el comercio electrónico hay que proveer a los usuarios de un marco claro, transparente y vigilado. De cara a aumentar la confianza, la Agenda Digital Europea propone revisar el marco regulador de protección de datos, para fortalecer los derechos de los usuarios. Además, se establece como importante completar el marco legislativo entre los distintos estados miembros, de forma que el mundo en línea disponga de unas reglas más unificadas (Código de derechos en línea de la UE). Se propone un sistema

de solución de controversias en línea, referido al comercio electrónico dentro de la UE. Otra iniciativa para aumentar la confianza pasa por establecer una “marca de confianza en línea”, con especial atención a los sitios web de venta al por menor (esta propuesta ya se ha llevado a cabo<sup>54</sup>).

- **Reforzar el mercado único de servicios de telecomunicación.** Dado que actualmente los mercados europeos de telecomunicaciones se encuentran compartimentados entre los distintos estados miembros, con diferentes sistemas de numeración, concesión de licencias y asignación de espectro, se hace necesario un marco regulador unificado que armonice estas cuestiones, ya que es un obstáculo para empresas y ciudadanos. La inexistencia de un mercado común de telecomunicaciones en Europa supone un elevado coste socioeconómico para la UE. La Agenda Digital Europea propone armonizar los recursos de numeración de servicios comerciales dentro de la unión y armonizar también el espectro radioeléctrico para favorecer las economías de escala a nivel europeo.
2. Frente a la **falta de interoperabilidad**, se pretende conseguir una arquitectura abierta a dispositivos, aplicaciones, servicios y redes, mediante las siguientes iniciativas:
- Mejorar el **establecimiento de normas TIC**, revisando la política europea de normalización, dando continuidad al libro blanco “Modernizar la normalización de las TIC en la UE”.
  - Promover un **mejor uso de las normas**, haciendo un uso óptimo de las normas cuando se homologuen proveedores de hardware, software o servicios, favoreciendo de esta forma la competencia, posiblemente abaratando los suministros y reduciendo la dependencia de un proveedor.
  - Mejorar la interoperabilidad a través de la coordinación, mediante una **Estrategia Europea de Interoperabilidad** para las administraciones públicas europeas.
3. Respecto al incremento de la ciberdelincuencia y para mejorar la **confianza** en las redes, las líneas de actuación propuestas son las siguientes:
- Creación de un centro europeo de ciberdelincuencia.
  - Establecer directivas para la protección de los datos personales y la intimidad.
  - Promover la formación de equipos de respuesta a emergencias informáticas, de carácter nacional y coordinados a nivel europeo.
  - Realizar simulaciones de ataque a gran escala, estableciendo estrategias de mitigación.
  - Implantar teléfonos para notificar contenidos ofensivos o ilícitos.

<sup>54</sup> <http://www.confianzaonline.es/>



- Establecer plataformas nacionales de alerta, adaptándolas a la plataforma de ciberdelincuencia de Europol.
4. En cuanto a la **inversión en redes** se propone un **acceso rápido y ultrarrápido a internet**. Veremos este punto en detalle a continuación de este resumen.
5. Insuficiencia de los esfuerzos en **investigación e innovación**. Según la Agenda, el gasto en I+D relacionado con las TIC es mucho menor en Europa que en los Estados Unidos. Además, las TIC representan un importante porcentaje del valor añadido total para muchos sectores de la industria, como son el automóvil, los electrodomésticos o la sanidad y la medicina. Los problemas identificados en el campo del I+D son tres: 1) Esfuerzo débil y disperso, 2) Fragmentación del mercado, y 3) Escasa aplicación en el mercado de las innovaciones. Para corregir todo esto, la Agenda Digital Europea propone:
- **Incrementar los esfuerzos y la eficiencia**, lo que supone no solo aumentar los fondos destinados a I+D, sino realizar la labor de investigación y desarrollo de forma coordinada a nivel europeo. Para ello, se propone trabajar en una “nube” a nivel europeo.
  - **Explotar el mercado único** para impulsar la inversión en TIC. Para ello, se propone armonizar la reglamentación, certificación, contratación y normalización, a fin de favorecer la innovación. Establecer hojas de ruta tecnológicas, que parten de la innovación y siguen con la comercialización, de forma que ponemos el I+D al servicio de la sociedad de forma efectiva. Además, la investigación financiada con fondos públicos debe gozar de una amplia difusión a través de la publicación en abierto de los datos y artículos científicos.
  - **Iniciativas a favor de la innovación abierta lideradas por la industria**. Se suscitará más inversión privada mediante la contratación precomercial y las asociaciones público-privadas.
6. **Fomentar la alfabetización, capacitación y la inclusión digitales**, mediante las siguientes iniciativas:
- Incluir las competencias digitales como prioridad en el Reglamento del fondo social europeo.
  - Identificar y reconocer las competencias de los profesionales y usuarios de las TIC dentro del Marco europeo de cualificaciones, para incrementar las competencias y la movilidad dentro de Europa de todos los profesionales de las TIC.
  - Establecer unos indicadores de competencias digitales y alfabetización, a fin de poder evaluar el progreso en esta cuestión.

7. **Promover los beneficios de las TIC para afrontar los retos sociales**, mediante las siguientes iniciativas concretas:

- En referencia al **medio ambiente**, se propone establecer unas metodologías de medición comunes en relación al rendimiento energético y las emisiones de gases de efecto invernadero del sector. También se propone respaldar las asociaciones entre el sector TIC y aquellos con emisiones más altas (construcción, transporte, energía) para incrementar la eficiencia energética y disminuir las emisiones. Además, en la contratación pública se deberá tener en cuenta el coste de toda la vida útil de las instalaciones de iluminación (se estima que la iluminación es responsable del 20% del consumo de electricidad).
- En cuanto a la **atención sanitaria**, se pretende conseguir que ésta sea sostenible y enfocada a una vida digna y autónoma de todos los europeos. Para ello se propone el establecimiento de un conjunto mínimo de datos relativos al historial clínico de los pacientes, de forma que este historial sea accesible desde cualquiera de los estados miembros. En cuanto a las necesidades concretas de ancianos y discapacitados, para facilitar la vida autónoma y la participación activa en la sociedad se reforzará el programa “Vida cotidiana asistida por el entorno”.
- Promoción de la **diversidad cultural** y los **contenidos creativos**. Se pretende digitalizar los contenidos culturales europeos mediante un modelo sostenible para la financiación de *Europeana*, la biblioteca pública digital de la unión. La digitalización también se quiere hacer extensiva al cine europeo.
- En materia de **administración electrónica**, se insta al Parlamento y al Consejo Europeos a reconocer la identificación electrónica en toda la unión, como sistema de autenticación válido para los trámites con la administración. Otras acciones contemplan el acceso a público a información medioambiental, interconectar la capacidad de contratación pública, hacer plenamente interoperables los servicios de administración electrónica y respaldar el IPv6. Se propone también el establecimiento de una lista común de servicios públicos transfronterizos esenciales, que permitan a los empresarios explotar sus negocios en cualquier lugar de Europa y con independencia de su ubicación original. Estos servicios esenciales también deberían permitir que los ciudadanos estudien, residan, trabajen o se jubilen en cualquier país de Europa.
- Sistemas de transporte inteligente (STI), que permiten un transporte más eficiente, rápido, sencillo y fiable. Las soluciones inteligentes se utilizan para integrar los flujos de pasajeros y mercancías a través de los nodos de transporte, aportando soluciones sostenibles a la congestión de las infraestructuras, tales como carreteras, ferrocarril, vías aéreas, marítimas y

otras vías navegables. Más concretamente, las iniciativas son: servicio de información fluvial (RIS), gestión del tránsito aéreo para el cielo único europeo (SESAR) y el sistema europeo de gestión del tráfico ferroviario (ERTMS).

### 5.1 Agenda Digital Europea: Acceso rápido y ultrarrápido a Internet

Nos detendremos extensamente en este punto de la Agenda, por ser el apartado referido al objeto de este proyecto.

Según la Agenda, *necesitamos un internet muy rápido para que la economía crezca vigorosamente y genere puestos de trabajo y prosperidad, así como para garantizar que los ciudadanos puedan acceder a los contenidos y servicios que desean.*

La estrategia Europa 2020 ha subrayado la importancia del despliegue de la banda ancha para fomentar la inclusión social y la competitividad en la UE. Se establece la **banda ancha básica como parte del servicio universal para 2013**, y además, se proponen los siguientes objetivos de banda ancha para **2020**:

- 1) **Que todos los europeos tengan acceso a unas velocidades de internet por encima de los 30 Mbps.**
- 2) **Que además, el 50 % o más de los hogares europeos estén abonados a conexiones de internet por encima de los 100 Mbps.**

Para alcanzar estas metas es necesario centrarse en dos objetivos paralelos: por un lado, **garantizar la cobertura universal de la banda ancha** (combinando la fija y la inalámbrica) con velocidades de internet que vayan aumentando gradualmente hasta los 30 Mbps y por otra parte fomentar el despliegue y la **adopción de las redes de acceso de nueva generación (NGA)** en una gran parte del territorio de la UE, para hacer posibles conexiones ultrarrápidas de internet por encima de los 100 Mbps.

Veamos en detalle ambos objetivos:

#### ***Garantizar el acceso universal de la banda ancha con velocidades crecientes.***

Sin la intervención pública, se corre el riesgo de que los operadores concentren las redes rápidas de banda ancha en unas pocas zonas de alta densidad con costes de entrada importantes y precios elevados. Los beneficios colaterales que estas redes generan para la economía y la sociedad justifican unas políticas públicas que garanticen una cobertura universal de la banda ancha con velocidades crecientes.

La Agenda Digital propone que la manera en que la administración puede incentivar el despliegue de banda ancha es en base a políticas tales como: abaratar el despliegue de la banda ancha en todo el territorio de la UE, garantizar una planificación y coordinación adecuadas, aliviar las cargas administrativas y garantizar que las obras de ingeniería civil públicas y privadas tengan sistemáticamente en cuenta las redes de banda ancha y el cableado dentro de los edificios.

La banda ancha inalámbrica debe desempeñar un papel esencial en aquellas zonas en las que no es eficiente un despliegue de banda ancha fija, como pueden ser las zonas rurales y apartadas. Actualmente, el problema esencial que plantea el desarrollo de las redes inalámbricas de banda ancha es el acceso al espectro radioeléctrico. Los usuarios de internet móvil experimentan ya cierta congestión en las redes, causada por la ineficiencia en el uso del espectro radioeléctrico. Esto, además de crear frustración en los usuarios, frena la innovación en los mercados de nuevas tecnologías. Una política europea del espectro orientada al futuro debería, además de hacer sitio a la radiodifusión, fomentar una gestión eficiente del espectro imponiendo la utilización de determinadas frecuencias del dividendo digital para la banda ancha inalámbrica en la fecha futura que se indique, garantizando cierta flexibilidad adicional (permitiendo también el comercio de espectro) y respaldando la competencia y la innovación. Estos aspectos que propone la Agenda Digital los veremos en detalle en este proyecto cuando analicemos el impacto de la regulación sobre el despliegue de las redes de banda ancha móvil.

### ***Fomentar el despliegue de las redes NGA.***

Hoy en día, en Europa, el acceso a internet se basa principalmente en la banda ancha de primera generación, es decir en el acceso a internet por las redes heredadas de televisión por cable y de teléfono. Sin embargo, los ciudadanos y las empresas de todo el mundo demandan cada vez en mayor medida unas redes NGA mucho más rápidas.

A fin de fomentar el despliegue de las NGA y estimular la inversión del mercado en redes abiertas y competitivas, la Agenda Digital Europea señala la importancia de tener en cuenta el establecimiento de unos precios de acceso orientados a costes, y que tengan en cuenta adecuadamente los riesgos de la inversión.

En detalle, la Agenda Digital Europea define las siguientes acciones en relación a las redes de banda ancha:

- *Acción clave 8: La Comisión adoptará en 2010 una Comunicación sobre la banda ancha que establecerá un marco común para las acciones de la UE y de los Estados miembros encaminadas a alcanzar los objetivos en materia de banda ancha de Europa 2020, incluyendo:*
  - *Reforzar y racionalizar, dentro de este marco, la **financiación de la banda ancha de alta velocidad** a través de los instrumentos de la UE (p. ej., FEDER, PERD, FEADER, RTE, PIC), a más tardar en 2014, y explorar la manera de atraer **capitales** para las inversiones en la banda ancha **a través de la promoción del crédito** (con el respaldo de fondos de la UE).*
  - *Proponer un ambicioso **programa europeo de política del espectro** en 2010, para que decidan al respecto el Parlamento Europeo y el Consejo, que cree una política del espectro coordinada y estratégica a nivel de la UE a fin de incrementar la eficiencia de la gestión del espectro radioeléctrico y de maximizar los beneficios para los consumidores y la industria.*

- *Publicar una Recomendación en 2010 para **fomentar la inversión en las redes de acceso de próxima generación competitivas** a través de unas medidas reguladoras claras y eficaces.*

Los Estados miembros deberían:

- *Elaborar y dar operatividad, a más tardar en 2012, a unos **planes nacionales de banda ancha** que satisfagan los **objetivos de cobertura, velocidad y asimilación** definidos en Europa 2020, utilizando la financiación pública de conformidad con la normativa de la UE sobre competencia y ayudas estatales<sup>55</sup>; la Comisión presentará informes anuales sobre los progresos conseguidos en el marco de la gobernanza de la Agenda Digital.*
- *Tomar medidas, incluidas disposiciones legales, para **facilitar la inversión en la banda ancha**, como por ejemplo garantizar que en las obras de ingeniería civil intervengan sistemáticamente inversores potenciales, aplicar los derechos de paso, cartografiar las infraestructuras pasivas disponibles adecuadas para el cableado y poner al día el cableado dentro de los edificios.*
- *Utilizar plenamente los **Fondos Estructurales y de Desarrollo Rural** que ya están asignados para la inversión en infraestructuras y servicios de TIC.*

Aplicar el **programa europeo de política del espectro** a fin de garantizar la atribución coordinada del espectro necesario para alcanzar el objetivo de una cobertura del 100 % de internet de 30 Mbps para 2020, así como la **Recomendación sobre el NGA**.

A nivel europeo, y tomando en cuenta las referencias marcadas por la Agenda, nos encontramos que la distribución de las conexiones de banda ancha se produce actualmente de la siguiente manera:

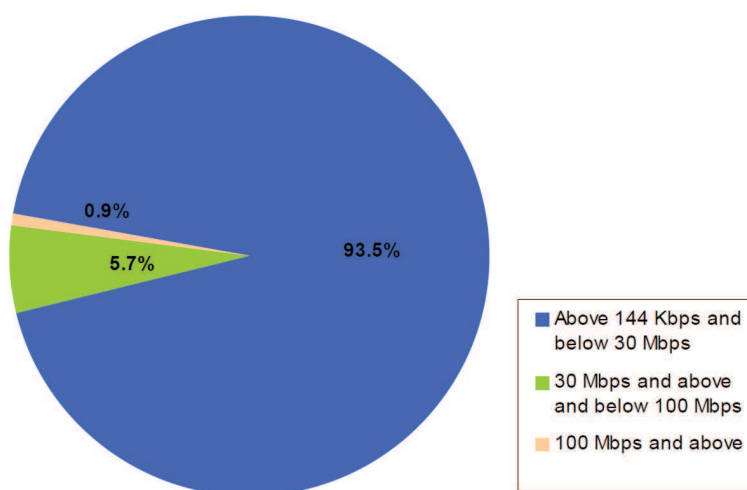


ILUSTRACIÓN 39 - PORCENTAJE DE ACCESOS DE BANDA ANCHA EN LA UE, CATEGORIZADO SEGÚN CRITERIOS DE LA AGENDA DIGITAL EUROPEA (JULIO 2011)<sup>56</sup>

<sup>55</sup> [Directrices comunitarias para la aplicación de las normas sobre ayudas estatales al despliegue rápido de redes de banda ancha](#) (DO C 235 de 30.9.2009, p. 4).

<sup>56</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

Podemos comprobar que estamos aún lejos de los objetivos de velocidad marcados por la agenda.

Por países, podemos ver el despliegue de estas categorías en la gráfica siguiente:

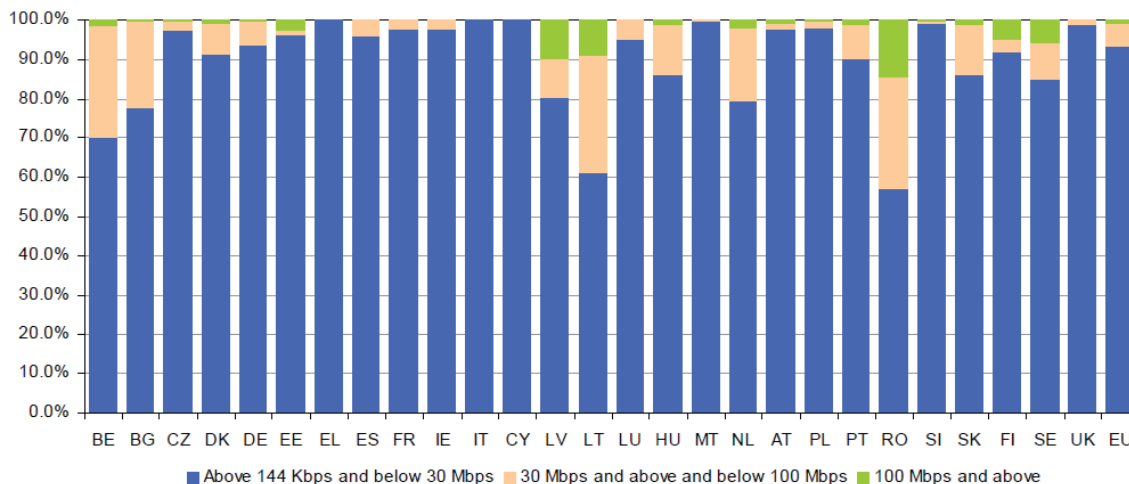


ILUSTRACIÓN 40 - PORCENTAJE DE ACCESOS DE BANDA ANCHA EN LOS PAÍSES DE LA UE (JULIO 2011), CATEGORIZADO SEGÚN CRITERIOS DE LA AGENDA DIGITAL EUROPEA<sup>57</sup>

<sup>57</sup> Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.

## 6. AGENDA DIGITAL ESPAÑOLA

La Agenda Digital Española surge como la aplicación de la Agenda Digital Europea a la realidad de nuestro país. Ha sido presentada en Junio de 2012 por un grupo de expertos españoles, y establece las necesidades de España en el ámbito digital, identificando los problemas de nuestro país y proponiendo soluciones y líneas de actuación en campos concretos. Al igual que hicimos anteriormente con la Agenda Europea, veremos a continuación un resumen de las líneas maestras de este documento, deteniéndonos en detalle en los puntos relativos al ámbito de este proyecto.

La Agenda Digital Española identifica problemas concretos de la economía española: la burbuja inmobiliaria, la crisis financiera, las deficiencias estructurales respecto a otros países de la unión europea. Estos problemas hacen que los efectos negativos de la situación internacional se vean amplificadas en nuestro país, con el consiguiente debilitamiento de la economía, en forma de pérdida masiva de empleo y deterioro de las finanzas públicas.

El grupo de expertos que intervienen en la composición de la agenda española creen firmemente que la adopción inteligente de las tecnologías digitales permitirá impulsar el crecimiento, la innovación y la productividad. Para ello, establecen una serie de objetivos fundamentales:

- 1. El primer objetivo se centra en la problemática del despliegue de las infraestructuras de banda ancha ultrarrápida, elemento necesario para transformar la actividad productiva y permitir un rápido desarrollo de la economía digital. Para ello se requiere marco de actuación equilibrado, sostenible y con incentivos a la inversión y a la innovación, que permita un adecuado retorno a la sociedad española en términos de prosperidad económica y social.*
- 2. El segundo objetivo responde a la necesidad de recurrir intensamente a estas tecnologías para impulsar la economía general, prestando especial atención a su potencial influencia en el crecimiento, el emprendimiento y la transformación de las empresas e industrias para adaptarse a una nueva economía globalizada y crecientemente basada en Internet.*
- 3. El tercer objetivo trata la transformación de la Administración para la mejora en la prestación eficiente de los servicios públicos. Para ello serán necesarias reformas profundas en la organización, los procesos, en la relación con los ciudadanos a través de la Administración electrónica, así como relativas al papel tractor de la Administración.*
- 4. El cuarto objetivo se centra en el desarrollo de mecanismos que permitan garantizar la privacidad, confianza y seguridad en el ámbito digital como uno de los factores clave para fomentar el desarrollo de una economía digital innovadora y una intensa actividad comercial y emprendedora.*



**5. El quinto objetivo trata el impulso al sistema de I+D+i como elemento ligado al desarrollo de talento y de las oportunidades futuras en los nuevos sectores, así como las reformas necesarias bajo el actual contexto económico para mejorar su eficiencia y eficacia.**

**6. El sexto objetivo responde a la necesidad de identificar nuevos perfiles TIC orientados hacia la innovación y el emprendimiento, así como de impulsar la capacitación y la inclusión digital para que todos los ciudadanos puedan aprovechar las posibilidades que brinda el nuevo escenario.**

El objeto de este proyecto es el referido por el primer objetivo, punto que por tanto desarrollaremos más extensamente.

Respecto al despliegue de las redes de acceso de nueva generación, la Agenda Digital Española propone cuatro líneas de actuación:

### **1. Avanzar en el modelo de regulación y competencia.**

Entre los posibles inversores en nuevas redes de banda ancha hay actualmente dos factores que crean reticencia a la inversión. En primer lugar, se percibe que los principales incrementos de valor de los nuevos despliegues no serán capturados por los propios agentes que realizan el despliegue, sino más bien por los proveedores de aplicaciones y contenidos y los fabricantes de terminales, que pueden dar uso al mayor ancho de banda disponible. Por otro lado, se considera la actual regulación como una barrera a nuevos despliegues.

Para corregir estas barreras de entrada, la Agenda propone un avance del modelo, que permita que los agentes involucrados en el despliegue tengan más fáciles y claras las tareas de despliegue de red y explotación con cierto margen de beneficios.

Este avance del modelo considera fomentar el despliegue competitivo de nuevas redes de telecomunicación contemplando una reducción de carga fiscal, como estimulante a la inversión en nuevas redes de acceso. También se plantea rebajar las cargas impositivas, como el 0,9% impuesto a los operadores de telecomunicaciones para financiar CRTVE, o las tasas del espectro.

### **2. Unidad de mercado**

El elevado coste de los despliegues, la complejidad administrativa, las cargas fiscales y la fragmentación normativa entre las distintas administraciones públicas (especialmente a nivel local) suponen barreras que limitan el alcance y desarrollo de los despliegues de nuevas redes de telecomunicación.

Frente a todo esto, hay que conseguir que el marco en el que se desarrollan estos despliegues sea más simple y eficiente. Para ello, hay que liberar al sector de trabas normativas, tributarias y administrativas. También hay que encauzar y limitar el



papel de las administraciones públicas en los despliegues, con el fin de conseguir una competencia efectiva sin desincentivar la inversión privada.

En este sentido, la Agenda Digital Española propone dos líneas de actuación:

- **Una única norma nacional** para facilitar los despliegues, que suponga una simplificación burocrática y reglamentación unificada para despliegues de redes y actuación en edificios. La dispersión normativa entre las distintas regiones debe ser eliminada. Además, se deben considerar las canalizaciones de telecomunicaciones como infraestructura esencial en la planificación urbanística, y contemplarse beneficios fiscales al despliegue de redes de acceso de nueva generación.
- **Control, enfoque y armonización de las administraciones públicas y extensión de los despliegues en zonas no rentables y/o competitivas.** Por su amplia variedad, encontramos una elevada disparidad de comportamientos entre las comunidades autónomas, diputaciones provinciales y ayuntamientos, en cuanto a despliegue y explotación de redes de telecomunicación se refiere. Se debe evitar que dichas actuaciones distorsionen el mercado y provoquen competencia desleal, mediante unos precios regulados adecuadamente. ¿Cómo se produce esa competencia desleal? Cuando encontramos despliegues a cargo de algún ente público en una zona en la que resultaría viable económicamente para la iniciativa privada; este hecho puede convertirse en un monopolio, desincentivando la inversión privada. Las propuestas concretas de la agenda en este sentido son tres: 1) **Limitar los despliegues de redes** y la prestación de servicios por parte de las Administraciones Públicas (es decir, evitar crear operadores públicos). 2) Articular **líneas de ayudas** que cumplan con el marco normativo de la UE y ayuden al despliegue de infraestructuras. 3) Impulsar con **fondos públicos la extensión de los despliegues** en zonas no rentables y/o no competitivas.

### 3. Mejorar la eficiencia en los despliegues de red.

Para favorecer la proliferación de redes de acceso de nueva generación, se proponen las siguientes líneas de actuación:

- **Potenciar el uso del espectro radioeléctrico**, facilitando y simplificando la regulación de la gestión del uso del espectro, fomentando el comercio secundario y la neutralidad tecnológica y de servicios. Además, hay mucho camino por avanzar mediante la **liberación del segundo dividendo digital (700 MHz)**.
- **Facilitar la compartición de infraestructuras**, promoviendo un despliegue coordinado de las infraestructuras de telecomunicaciones de los diferentes operadores, haciendo efectiva la compartición de las infraestructuras de obra civil (incluidos ductos), extendiendo la compartición a las infraestructuras gestionadas por la Administración (carreteras, vías férreas) o a las desplegadas por otros operadores de infraestructuras (eléctricas, compañías de gas y

agua...). Como medida adicional, proceder a renovar las instalaciones verticales en el ámbito urbano.

#### 4. Estimulo de la demanda

Para cumplir con el objetivo de que el 50% de los españoles dispongan de conexiones por encima de 100Mbps en 2020 será necesario no solo promover la inversión en infraestructuras, consiguiendo que los operadores se lancen a desplegar redes de acceso de nueva generación, sino también estimular la demanda por parte del usuario de este tipo de conexiones de alta velocidad. Las propuestas de la Agenda Digital Española al respecto son las siguientes:

- Crear un **plan de estímulo de la demanda** enfocado a aprovechar las ventajas de la economía digital ligado a políticas que contribuyan a generar confianza por parte de los usuarios e incentiven su uso (deducciones IRPF, desgravaciones, así como otras vías además de la fiscal).
- La Administración debe **facilitar la masa crítica de las soluciones tecnológicas** elegidas, para demostrar y generalizar los beneficios y utilidades de la economía digital para todos y en especial para las pequeñas y medianas empresas.

## 7. TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE BANDA ANCHA FIJA

### 7.1 xDSL

Las tecnologías xDSL (*Digital Subscriber Line*, línea digital de abonado) aprovechan el par trenzado telefónico para enviar señales digitales. Tradicionalmente el par de cobre había tenido en la transmisión analógica de voz su única aplicación. Esencialmente, en emisión se transformaba la señal de voz a una señal eléctrica, y en recepción se deshacía este proceso, esto es, convertir la señal eléctrica en señal de voz nuevamente. Esta transmisión ocupaba un ancho de banda muy pequeño (unos 4 KHz). El par de cobre es capaz de proporcionar un ancho de banda mucho mayor, y este fenómeno es lo que explotan las tecnologías DSL, cuya principal ventaja radica en la utilización de la instalación ya existente para transmisión de datos.

La variante DSL más extendida es **ADSL** (*Asymmetric Digital Subscriber Line*). El concepto de “asimétrico” viene dado por el hecho de que se asigna un mayor ancho de banda al tráfico de bajada que al de subida (habitualmente el tráfico mayoritario es de bajada).

ADSL utiliza habitualmente la modulación DMT (*Discrete MultiTone*) que reparte el espectro disponible en 256 portadoras de 4.3125 KHz cada una.

El reparto es el siguiente:

- Una portadora para voz.
- 5 portadoras como banda de guarda, separando voz y datos.
- 25 portadoras para el enlace ascendente.
- 224 portadoras para el enlace descendente.

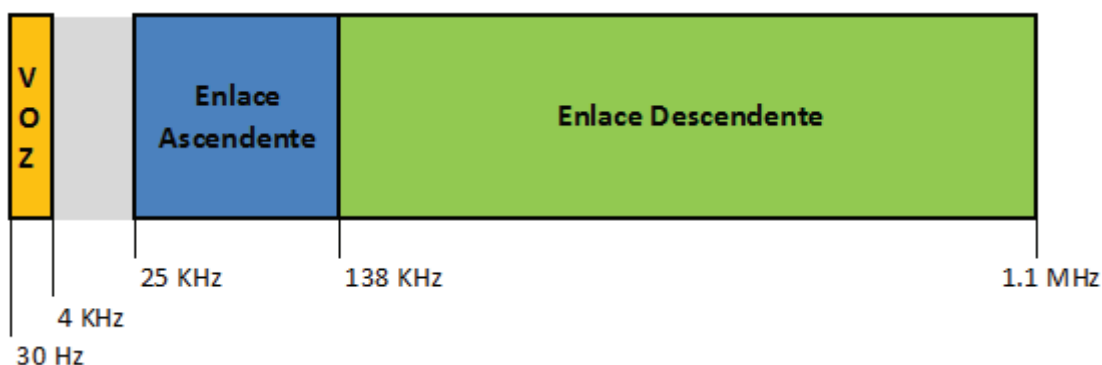


ILUSTRACIÓN 41 - PORTADORAS ADSL

La forma de separar voz y datos (para conectar un teléfono y poder hablar, por ejemplo) es mediante un dispositivo llamado splitter, que separa ambas frecuencias, la banda de voz de la banda de datos.

Uno de los mayores problemas de ADSL es la alta diafonía que se produce entre los cables del tendido telefónico. Además, esta tecnología es muy sensible a otras interferencias, como la radio AM, los cambios de temperatura o la humedad.

**ADSL2** surge como evolución de ADSL para intentar mitigar esos problemas en la medida de lo posible. Para ello introduce un sistema de adaptación de la tasa de datos, de forma que esta cambia en función de la calidad del enlace. Este proceso es transparente para el usuario.

Otra mejora de ADSL2 con respecto a ADSL es la existencia de múltiples modos de operación, que programan distintos niveles de conexión, a fin de evitar derroches de energía (las primeras versiones de ADSL se mantenían permanentemente funcionando, con el consiguiente consumo de energía y necesidad de disipación de potencia).

Otras mejoras de ADSL2:

- Mejora de la interoperabilidad entre distintos fabricantes.
- Arranque más rápido de la conexión.
- Posibilidad de usar el ancho de banda destinado a voz también para datos.

Una evolución posterior, **ADSL2+**, permite extender el ancho de banda del enlace descendente desde los 1.1 MHz hasta los 2.2 MHz (introduciendo limitaciones en cuanto a la distancia a la central telefónica, y mejorando la diafonía).

**VDSL** (*Very High Rate DSL*, DSL de muy alta tasa de transferencia, ITU-T G. 993.1) y su evolución VDSL2 (ITU-T G. 993.2) aprovechan, al igual que ADSL, el par de cobre como medio de acceso. Teóricamente la velocidad oscila entre los 50Mbps para bucles de 200-300m y 25Mbps para bucles de hasta 900m<sup>58</sup>. La tasa de bajada se reduce rápidamente en función de la distancia debido a la atenuación del par de cobre, ofreciendo alta velocidad únicamente a los usuarios que se encuentran cerca de la central.

Telefónica y Jazztel son las compañías que actualmente ofertan este tipo de tecnología en España, con velocidades de bajada/subida de 20/1 Mbps y 30/3.5 Mbps respectivamente.<sup>59</sup>

<sup>58</sup>Redes de nueva generación, arquitecturas de red. CMT

<http://www.slideshare.net/blogcmt/redes-de-nueva-generacin-arquitecturas-presentation>

<sup>59</sup><http://bandaancha.eu/comparativa/adsl-telefono>

Una vuelta de tuerca a VDSL2 consiste en aplicar vectorización. La tecnología *VDSL2 Vectoring* funciona eliminando la diafonía entre pares adyacentes (se miden las interferencias de todos los pares de cobre dentro de un cable o manguera, compensándolas con otras señales para cancelar este problema). Conceptualmente, se trata de conseguir el efecto similar a que cada uno de los bucles estuviera solo, llegando a un rendimiento cuasi óptimo de la tecnología VDSL2. Con VDSL2 Vectoring se habla de velocidades de 100 Mbps en bucles de hasta 400 metros de longitud, y 40 Mbps cuando la distancia a la central llega al kilómetro.

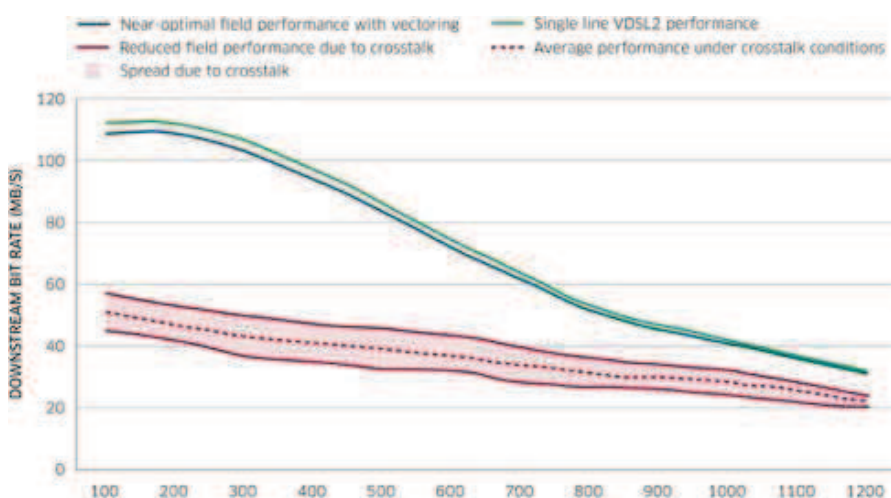


ILUSTRACIÓN 42 - GANANCIA TÍPICA UTILIZANDO VECTORIZACIÓN<sup>60</sup>

Para compensar la interferencia se requiere de un potente sistema de computación, ya que cuantos más pares haya dentro de un cable, más parámetros habrá a calcular, pues se genera más diafonía. La carga computacional recae en el DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) y según Alcatel-Lucent, precursor de esta tecnología, la mayoría de equipamiento doméstico para VDSL2 sólo necesita una actualización de software.

El desagregado de bucles juega de forma negativa, ya que los pares que no estén conectados al DSLAM compatible porque estén adjudicados a otro operador, siguen generando diafonía dentro del cable y ésta no se puede cancelar, penalizando el resultado de los demás. Por eso sólo se aplicaría con éxito a las centrales en las que no existen otros operadores, que son la mayoría, unas 5.600 de las 6.000 centrales que hay en España, pero que tienen solo unos 2,5 millones de líneas.<sup>61</sup>

<sup>60</sup> <http://www2.alcatel-lucent.com/blogs/techzine/2011/boosting-vdsl2-bit-rates-with-vectoring/>

<sup>61</sup> <http://www.expansion.com/2011/09/28/empresas/tmt/1317202014.html?a=f96d2da06da117289fc0c753d8c4c755&t=1331465558>

En cualquier caso, no parece que el futuro de la banda ancha ultrarrápida pase por soluciones sobre par de cobre, como veremos más adelante.

## 7.2 Redes híbridas de fibra y cable (HFC)

Las redes híbridas de fibra y cable utilizan cable coaxial combinado con fibra óptica. Su origen está en las redes CATV (*Community Antenna Television*) que nacieron en los Estados Unidos en 1949 para solucionar problemas de cobertura de televisión; se instalaban antenas en sitios elevados y se repartía esta señal entre los usuarios mediante cable coaxial. Como es lógico, inicialmente esta instalación solo permitía un sentido unidireccional de la señal, desde la antena al usuario, estando controlado este sentido por los amplificadores de la cadena de transmisión.

A finales de los años 80 hacen aparición las primeras redes HFC, como evolución de las redes CATV; se hace llegar fibra óptica desde una red central hasta el nodo de distribución, a partir del cual y mediante un convertidor optoelectrónico los usuarios son accedidos mediante cable coaxial. En HFC la comunicación es bidireccional.

Generalmente una red HFC se compone de un anillo distribuidor de fibra óptica que se encarga de distribuir la señal desde una cabecera regional hasta una serie de concentradores (cabeceras locales). Cada una de las cabeceras locales reenvía nuevamente la señal, también mediante fibra óptica, a conversores optoelectrónicos que distribuyen la señal entre los usuarios. Los usuarios acceden a la red a través de un dispositivo conocido como *cablemodem*, que sintoniza el canal de televisión elegido para transporte de datos y filtra los dirigidos a ese usuario en cuestión.

En España, el principal operador que ha desplegado este tipo de redes es ONO. La estructura de su instalación es la siguiente:

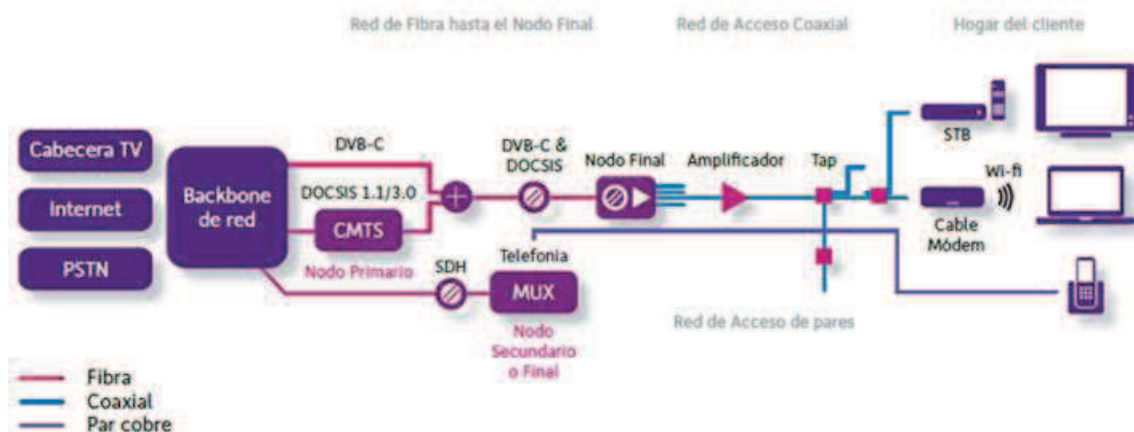


ILUSTRACIÓN 43 - ARQUITECTURA DOCSIS 3.0 DE ONO<sup>62</sup>

Veamos cómo funciona HFC en cada uno de los sentidos:

**Sentido descendente:** utiliza las bandas 96-862 MHz en Europa, o 54-860 MHz en América. Transporta los datos desde la red hacia el usuario. El espectro se reparte mediante los distintos canales de televisión -ya sea analógica o digital-, los canales de radio (según las frecuencias establecidas) y el tráfico de datos (750-862 MHz). En el sentido ascendente se suele utilizar una modulación 64QAM, subiendo a 256QAM si se considera que las condiciones del enlace son buenas.

**Sentido ascendente:** se ubica en las bandas 5-65 MHz en Europa o 5-42 MHz en América. Transporta los datos generados por el usuario (voz, datos, solicitudes de vídeo bajo demanda o *pay per view*). En el enlace ascendente se utiliza una técnica de acceso al medio basadas en *time slot* (ranura temporal); los diferentes cablemodem de cada usuario solicitan a su cabecera local la asignación de una ranura temporal para poder transmitir. Es la cabecera local la que asigna las ranuras de tiempo en las que los usuarios pueden enviar datos. En sentido ascendente se utilizan las modulaciones QPSK o 16QAM. Las modulaciones en sentido ascendente son más sencillas porque la relación señal a ruido generalmente es peor que en sentido descendente (la banda de frecuencias es más “sucia”).

Los primeros cablemodem que salieron al mercado lo hacían bajo sistemas propios de las distintas marcas, lo que provocaba frecuentes problemas de interoperabilidad con la cabecera local. En 1997 surge el estándar DOCSIS (*Data Over Cable Services Interface Specification*), desarrollado por el consorcio CableLabs y al que los fabricantes y operadores se han suscrito mayoritariamente. En sus distintas versiones, DOCSIS ha ido incorporando diversas funcionalidades y prestaciones. Inicialmente (DOCSIS 1.0 - DOCSIS 1.1, 1999) incluía distintas calidades de servicio, supresión del encabezado (lo

<sup>62</sup><http://www.ono.es/sobreono/nosotros/informacion-corporativa/red/>



que aumenta el ancho de banda útil) y fragmentación de paquetes grandes. Las siguientes versiones hasta DOCSIS 2.0 (2001) fueron incluyendo modulaciones más altas en el enlace ascendente (gracias a la mejora de la robustez frente al ruido), además de balanceo de carga y posibilidad de transmisiones simétricas. La última versión de DOCSIS es la 3.0 (2010) y permite agregar canales en ambos sentidos para obtener mayores velocidades de datos. También incluye soporte para IPv6. El número máximo de canales llegados a ofrecer por un fabricante es 8 de bajada y 4 de subida, lo que supone, respectivamente, 320 Mbps y 160 Mbps.

### 7.3 REDES DE FIBRA ÓPTICA

Las redes de próxima generación basadas en fibra óptica permiten transmitir contenidos de muchas aplicaciones sobre una red universal de telecomunicaciones. Los contenidos pueden ser datos, voz telefónica, televisión, vídeo, etc. El paso adelante de las redes de nueva generación (NGN, *New Generation Networks*) consiste en que estos contenidos sean transportados y distribuidos sobre una única red, mientras que anteriormente los contenidos eran transportados a través de multitud de redes interconectadas, cada una de ellas utilizando diferentes tecnologías.

Integrar todos los contenidos de las comunicaciones electrónicas en una única red, teniendo en cuenta la demanda y el uso creciente de las comunicaciones, requiere superar los problemas de ancho de banda en las redes de acceso. Las redes de acceso de nueva generación (NGA, *New Generation Access Networks*) están basadas en el acceso por fibra óptica, que acorta los tramos de par de cobre o incluso los elimina completamente en las arquitecturas FTTH (*Fiber to the home*, fibra hasta el hogar).

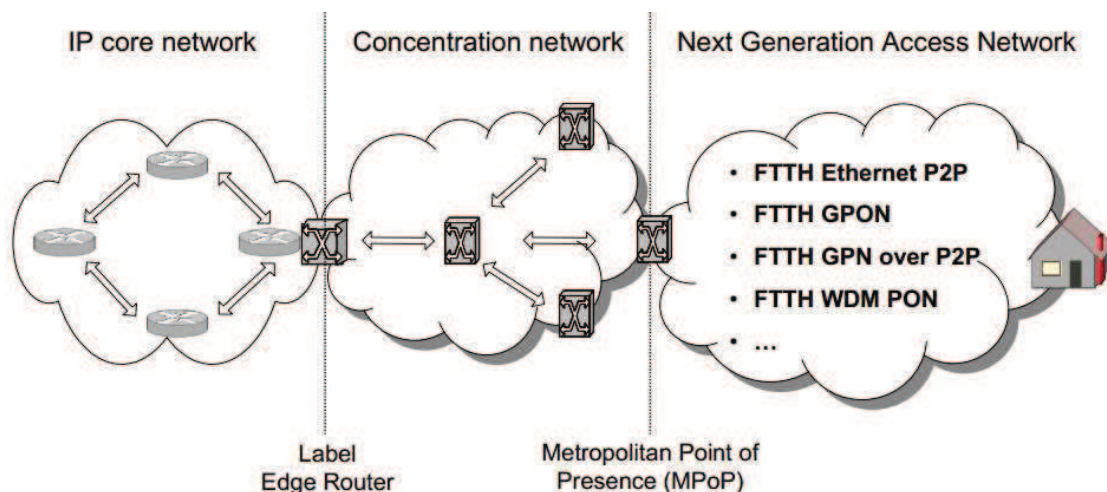


ILUSTRACIÓN 44 - ARQUITECTURA GENERAL NGA/NGN

La arquitectura NGN/NGA tiene tres segmentos principales:



- Red central IP: en esta red el tráfico es conmutado entre usuarios finales, o conectado a un servidor de aplicaciones.
- Red de concentración: recoge el tráfico de los puntos finales de la red de acceso
- Red de acceso, que comunica al usuario final con la red central IP a través de una red de concentración. Las redes de acceso actuales están basadas esencialmente en pares de cobre entre el MPoP (*Metropolitan Point of Presence*) y la ubicación del usuario final. Las redes de nueva generación que consideraremos a continuación consisten de forma general en la sustitución de este último tramo de par de cobre por fibra óptica.

En cuanto a la topología de la red se consideran los siguientes elementos:

- MPoP: Metropolitan Point of Presence. Es la última localización donde - dependiendo de la arquitectura NGA- se localiza un conmutador Ethernet de la red de concentración.
- El punto de distribución (DP, *Distribution Point*): es un nodo intermedio en la NGA, desde el cual las fibras provenientes del MPoP son encauzadas al usuario final. En los casos en los que la fibra no llega hasta el usuario final es en este punto de donde parte el par de cobre. El tramo entre el MPoP y el DP se denomina *Feeder Segment*.

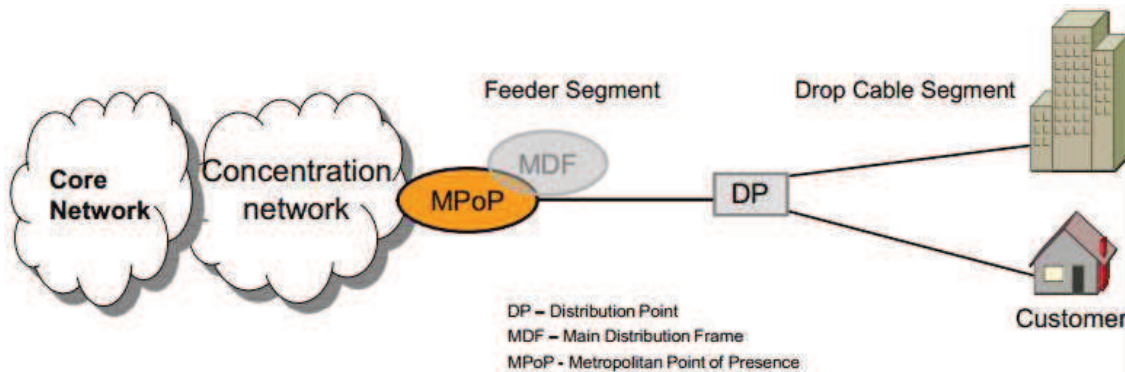


ILUSTRACIÓN 45 - NOMENCLATURA UTILIZADA EN LA TOPOLOGÍA DE RED

Hay 3 aproximaciones al hecho de sustituir el tramo de par de cobre en la red de acceso. Fibra hasta la acera (FTTC, *FibreToTheCurb*), Fibra hasta el edificio (FTTB, *FibreToTheBuilding*) y Fibra hasta el hogar (FTTH, *FibreToThe Home*). Con FTTC únicamente hay líneas de fibra entre el MPoP y el DP. El DP alberga equipamiento electrónico (VDSL) que transmite la señal de banda ancha sobre el par de cobre entre el DP y el usuario final. Con FTTB las líneas de fibra cubren la distancia entre el MPoP y el edificio del usuario final, donde existe equipamiento que traslada la señal transmitida por fibra al tramo de par de cobre que llega hasta el domicilio del usuario final. Con FTTH toda la distancia entre el MPoP y el usuario final está cubierta con fibra óptica, no quedando tramos de cobre que reduzcan el ancho de banda. En edificios de

una sola vivienda las tecnologías FTTB y FTTH se reducen a lo mismo, mientras que en edificios con varias viviendas el despliegue de FTTH requiere una infraestructura más amplia que FTTB, pues la fibra ha de llegar a cada una de las viviendas del edificio.

FTTC requiere el menor número de líneas de fibra. El número de fibras depende esencialmente del grado de concentración que el DSLAM desarrolla en el DP (cabina de la calle). Un valor típico es 1000 usuarios por DSLAM. Las fibras únicamente se instalan en el *feedersegment*.

FTTB requiere una fibra por edificio en el *feedersegment* y en el tramo entre el DP y el edificio. El grado de concentración de la fibra depende en este caso del número de viviendas por edificio. Un valor típico para este parámetro es 8.

FTTH punto a punto requiere –por cada hogar– un tramo de fibra en el *feedersegment*, en el tramo entre el DP y el edificio, y por supuesto otro tramo dentro del edificio hasta la residencia del usuario. FTTH es la tecnología que más fibras necesita en el *feedersegment*, con el consiguiente impacto en los costes.

Las redes pasivas ópticas punto-multipunto (Point to Multipoint PON) concentran las señales ópticas de múltiples fibras en una sola fibra, mediante un componente pasivo llamado *splitter*. Esta arquitectura reduce el número de fibras necesarias en el *feedersegment* comparado con una arquitectura punto a punto. El grado de reducción de número de fibras depende del grado de partición que soporta el *splitter*. Solo se requiere una fibra por *splitter* entre el MPoP y la localización del *splitter* (por ejemplo, en el DP). Sin embargo, en el *drop cable segment* se sigue requiriendo una fibra por hogar (FTTH) o por edificio (FTTB). Una arquitectura PON tiene el mismo número de fibras en el *drop cable segment* que una arquitectura P2P.

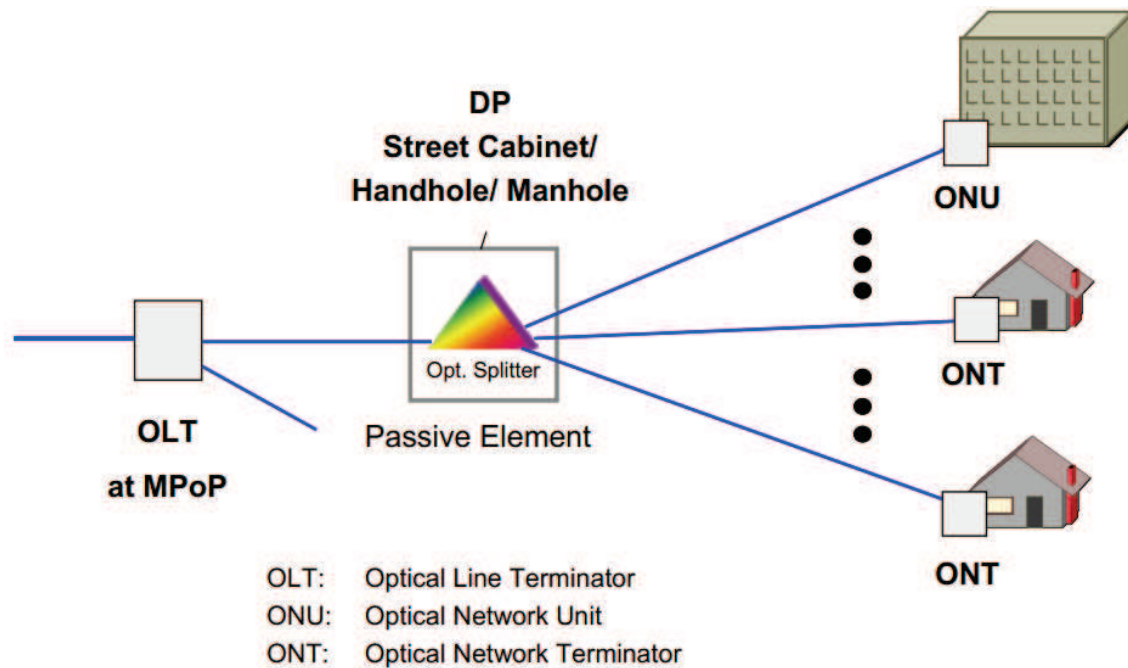


ILUSTRACIÓN 46 - ARQUITECTURA DE FIBRA PUNTO-MULTIPUNTO

Debido al hecho de que múltiples usuarios pueden enviar información al mismo tiempo (tráfico de subida), se requiere de cierta administración por parte de la red para resolver conflictos, y también para ordenar el tráfico de bajada. Los sistemas utilizados para gestionar estos aspectos son OLTs (*Optical Line Terminators*) en la central y ONUs (*Optical Network Units*) para varios usuarios finales (en el caso de FTTB) o para cada usuario final (para FTTH). Todos los usuarios conectados al mismo splitter comparten el mismo canal de comunicaciones y su ancho de banda. Hay muchos tipos de PON, siendo GPON (*Gigabit Passive Optical Network*, red óptica pasiva con capacidad de gigabit) el más utilizado en Europa.

Otra tecnología punto-multipunto, pero que actualmente goza de un desarrollo menor es WDM (*Wave Division Multiplex*, Multiplexado por división de onda). Esta tecnología permite el uso de diferentes colores (longitudes de onda) de la señal óptica para direccionar diferentes usuarios y establecer diferentes canales sobre una misma fibra. La fibra óptica utilizada es la misma que en el caso de PON; la diferencia reside en los WDM-splitters, que pueden ser configurados para suministrar a cada usuario únicamente su “color” de onda. Cada usuario posee entonces su propio ancho de banda, que no es compartido con los demás usuarios del mismo splitter.

El acceso de los operadores a las redes de acceso de nueva generación se puede establecer de dos maneras distintas: accediendo a la infraestructura física que llega al usuario final, o bien obteniendo acceso a un caudal de datos (*bitstream*) que es manejado por el mayorista propietario de la red.

**Acceso a la infraestructura física (desagregado del bucle):** En las arquitecturas FTTH basadas en una arquitectura punto a punto (P2P), el acceso a la línea de fibra se produce en el punto de acceso metropolitano, donde todas las líneas son accesibles y se concentran en el ODF (*Optical Distribution Frame*) y donde los competidores pueden ubicar su propio equipamiento. Esto es muy comparable a lo que sucede con los pares de cobre. En arquitecturas punto-multipunto el punto clave es el splitter, y es ahí donde los competidores deben colocar sus equipos OSDF (*Optical Street Distribution Frame*), lo que hace que estas instalaciones sean significativamente más caras. En el caso de varios splitters colocados en cascada, el desagregado tendrá lugar en el que se encuentre más cerca del usuario final. En general, el coste de infraestructura que deberán soportar los operadores será mayor cuando más cerca se encuentre el splitter del usuario final, pues más splitters –y su infraestructura asociada– serán necesarios. Además, pocos usuarios por splitter hacen que resulte menos atractivo para un competidor instalar allí su infraestructura. Se considerará que resulta más atractivo el desagregado del bucle en el MPoP que en el DP.

**Acceso a un caudal de datos (bitstream):** Un acceso por bitstream en el núcleo de la red agrega muchos clientes en un punto de interconexión (PoI, *Point of Interconnection*), cuyo tráfico es influenciado por el tráfico de los clientes del operador mayorista o por el tráfico de los otros clientes del resto de operadores. Cuanto más lejos está el PoI del usuario final, más clientes son agregados al bitstream, y menor es la influencia de la gestión de la red que practica el operador mayorista.

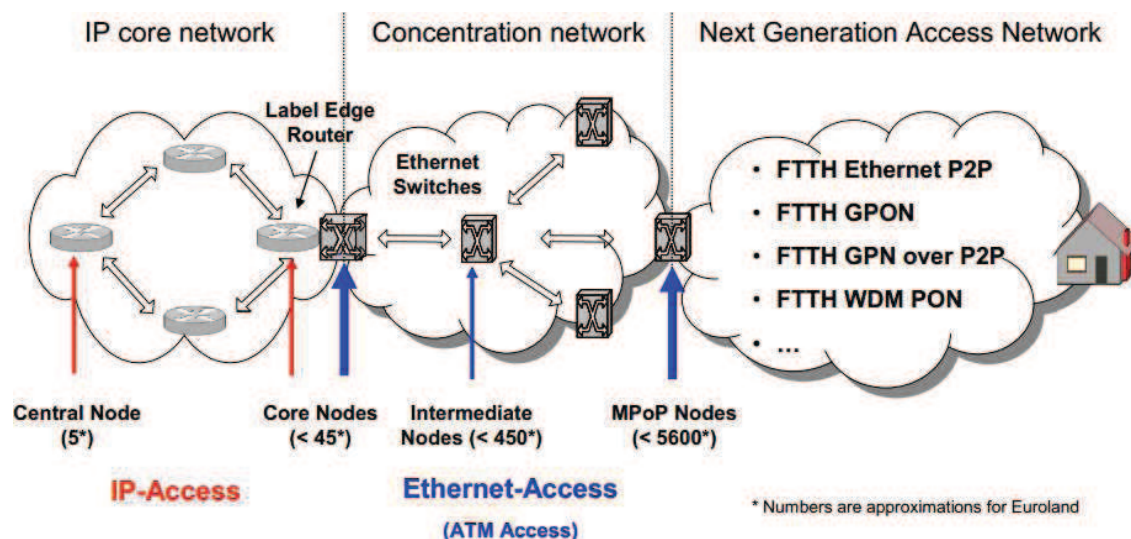


ILUSTRACIÓN 47 - DIFERENTES OPCIONES DE ACCEDER A UN SERVICIO MAYORISTA DE CAUDAL DE DATOS

### 7.3.1 TECNOLOGÍAS Y ARQUITECTURAS FTTH CONSIDERADAS

La construcción de una nueva red de acceso de banda ancha ultrarrápida debería ser una forma de satisfacer la demanda del cliente para casi cualquier demanda futura durante la vida estimada de los componentes, en este caso las líneas de fibra. Este

tiempo de vida es significativamente largo, casi con total probabilidad por encima de los 20 años. Por lo tanto, las infraestructuras deberían cubrir la demanda estimada en el futuro desde el mismo momento de su implantación, o al menos tener una migración clara y sencilla hacia un incremento del ancho de banda.

En total consideraremos las siguientes arquitecturas, que veremos en detalle a continuación:

Escenario	Arquitectura proporcionada por el incumbente	Base adquirida por el competidor entrante
P2P desagregado	Ethernet P2P	Desagregado de fibra en el MPoP
GPON sobre P2P desagregado	GPON sobre P2P	Desagregado de fibra en el MPoP
Desagregado WDM PON	WDM PON	Desagregado WDM en nodo central
Bitstream GPON desde GPON	GPON	Acceso a bitstream en nodo central
Bitstream GPON desde MPoP	GPON	Acceso a bitstream en MPoP

TABLA 2 – ARQUITECTURAS FTTH

### 7.3.1.1 P2P

FTTH punto a punto (P2P) despliega accesos de fibra óptica desde el MPoP hasta cada una de las viviendas de los usuarios. Cada uno de los usuarios dispone de la capacidad completa de la línea, pues cada uno dispone de una fibra dedicada desde su casa hasta el punto de acceso metropolitano. FTTH P2P requiere de una fibra dedicada también en el tramo *feeder* y en el tramo *drop cable*.

Dados los requerimientos inciertos que en el futuro pueda haber de ancho de banda, esta solución punto a punto se muestra como la más robusta ante la futura demanda, pues la utilización de todo el ancho de banda de la fibra no está restringida por ninguna tecnología intermedia.

La longitud máxima que puede tener la fibra viene determinada, entre otros factores, por la potencia de las tarjetas de comunicación en el MPoP y en el usuario final. Sin repetidores intermedios, esta longitud puede alcanzar sin problemas entre 40 y 80 km. En este sentido hay que tener en cuenta el aumento en la complejidad de las interfaces si damos servicio a muchos usuarios lejanos, debiéndose establecer un compromiso. Asumiremos, como base para la comparativa, que se toman las mismas precauciones sobre longitud del bucle que para el caso de pares de cobre.

Otro aspecto a tener en cuenta es la manejabilidad de grandes nodos de fibra, sobre lo cual deberemos establecer un límite en el número de fibras que pueden coexistir en un MPoP. Actualmente, un MDF grande es capaz de dar servicio a unos 35.000 pares de cobre. Con una topología de fibra P2P, un usuario necesita una fibra en lugar del par de cobre, teniendo la fibra un diámetro menor que el par de cobre. Por otra parte,

el ODF (*Optical Distribution Frame*) puede tener un tamaño mayor que su equivalente en tecnología de cobre, así que proporcionalmente un ODF es mayor, pero es de esperar que esto mejore con los años y la evolución de la tecnología. Después de todo, un MPoP basado en fibra será capaz de dar servicio a más usuarios que el mayor de los MDFs de hoy. Teniendo todo esto en cuenta, no es de esperar que haya problemas relativos a espacio en el despliegue de fibra óptica.

En la arquitectura P2P el incumbente termina sus accesos de fibra en un ODF, localizado en cada uno de los MPoPs. Por lo tanto, cada ODF tiene tantos puertos del lado del cliente como clientes potenciales hay en su área, o al menos para todos los hogares del área que ya disponen de fibra. El ODF se utiliza para conectar los enlaces de fibra de los usuarios a un concentrador Ethernet. Esta conexión permite conectar a distintos clientes a puertos de distinta velocidad (0.1 a 10GBps).

Si se necesita más de un switch Ethernet para conectar a todos los usuarios, los switches adicionales se contemplan de manera jerárquica, siendo el switch más cercano a la red el borde de la red de concentración, donde las tarjetas del lado de la red forman ya parte de la red de concentración. En los cálculos que realicemos se considerarán aparte, de cara a adaptarse a los costes del incumbente.

Para competidores que utilizan un acceso mayorista se considerará un escenario de desagregado de fibra, en el cual un competidor alquila el bucle de fibra desagregado y ubica un ODF de su propiedad en espacio alquilado en el MPoP, donde operará su propio switch Ethernet. El ODF del competidor está conectado a puertos dedicados del ODF principal del incumbente (puertos hacia el lado del cliente) mediante una conexión dedicada de cable. El coste de estos elementos se ha de considerar como parte de los costes del competidor. Además, el competidor ha de asumir el coste de la concentración y de la red central por sí mismo.



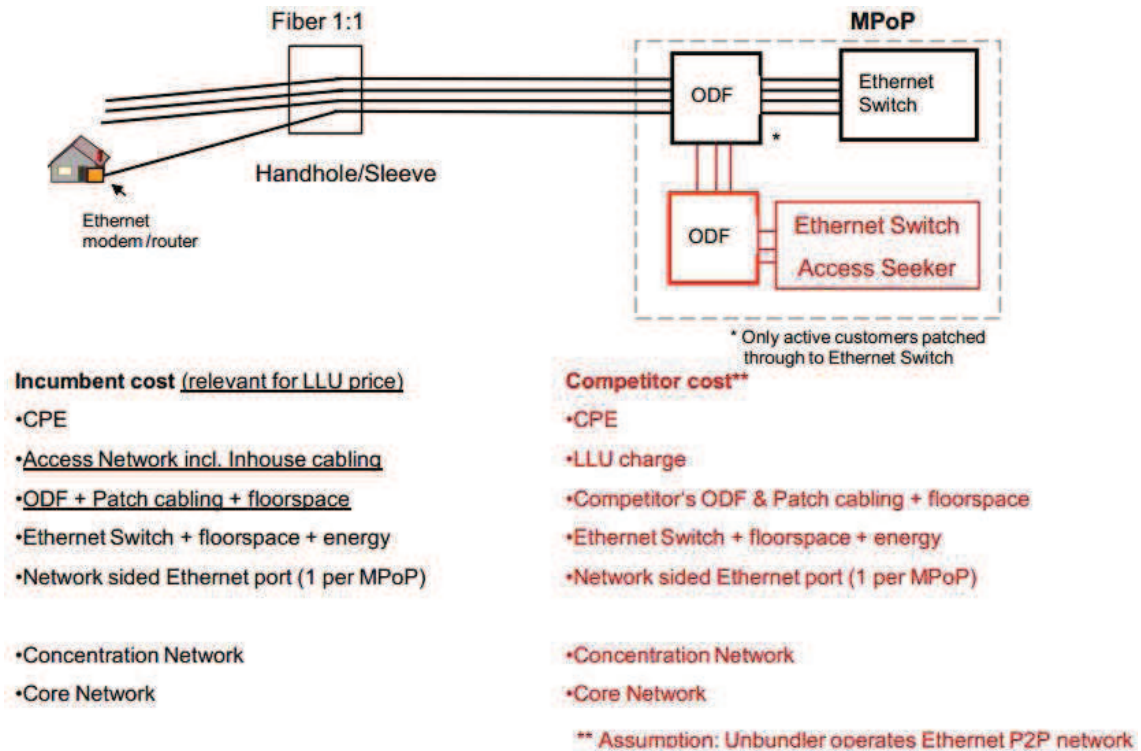


ILUSTRACIÓN 48 - DESAGREGADO DE FIBRA EN UN ESCENARIO P2P

### 7.3.1.2 GPON

La tecnología GPON está diseñada para trabajar con topologías de fibra punto-multipunto. Concentra el tráfico de un significativo número de fibras de clientes en un divisor óptico intermedio (DP) hacia una única fibra. Los divisores ópticos pueden conectarse en cascada, de cara a optimizar el recuento de fibras y adaptarse a la distribución de los clientes. Pero cada divisor añade atenuación adicional, y debe distribuir su potencia a todas las fibras conectadas. Por lo tanto, la topología de esta distribución depende enormemente de la previsión de potencia óptica y del máximo factor de división posible. ITU-T estandariza este factor de división en 1:32, con una longitud máxima de 20 km. Nuevos estándares e interfaces permiten que el factor aumente a 1:64 o incluso 1:128; para el modelo estudiado, supondremos un factor de división de 1:64 en un solo paso, sin conexiones en cascada.

Las fibras de los divisores están conectadas hacia el lado del cliente del ODF en el MPoP, conectado al OLT apropiado. Los OLTs están conectados a un switch Ethernet, que actúa de interfaz con la red de concentración.

Los sistemas GPON ofrecen una velocidad de bajada de 2.5Gbps, y 1.25Gbps de subida. Estas velocidades son compartidas entre todos los usuarios conectados al mismo divisor o puerto OLT, lo que en nuestro caso concreto de 64 usuarios por divisor resultará en aproximadamente 40Mbps de bajada y 20 Mbps de subida como capacidad fija, que puede ser optimizada si el sistema se configura adecuadamente



para que los usuarios puedan alcanzar la suma total del ancho del banda de una manera compartida.

GPON, desplegado con divisores en campo, solo puede ser desagregado en la localización de los divisores más cercanos al cliente. El desagregado de fibra no está considerado, pues no es una opción suficientemente rentable para el mayorista. En lugar de un acceso a la infraestructura física, para GPON se consideran dos escenarios de acceso a un caudal de datos (bitstream) por parte de los operadores: desde la red principal, o bien desde el MPoP. La principal diferencia entre los dos escenarios reside en que el acceso a un bitstream desde la red principal incluye el transporte a través de la red de concentración del incumbente, mientras que en el otro escenario el competidor ha de desplegar su propia red de concentración, lo que le permite ofrecer a sus clientes un acceso transparente al ancho de banda de la red, lo que redundaría en una mayor calidad y en la capacidad de ofrecer productos independientes, por encima de las posibilidades de un bitstream desde más lejos. En cualquiera de los escenarios anteriores la utilización de instalaciones del incumbente será mayor que en un escenario de desagregado de fibra, por lo que no se alcanzará el mismo nivel de calidad.

Dada la naturaleza de economía de escala del coste de una red de concentración, en un escenario de bitstream con GPON los competidores se pueden beneficiar de un menor coste en el mercado mayorista (respecto a un desagregado de infraestructura).

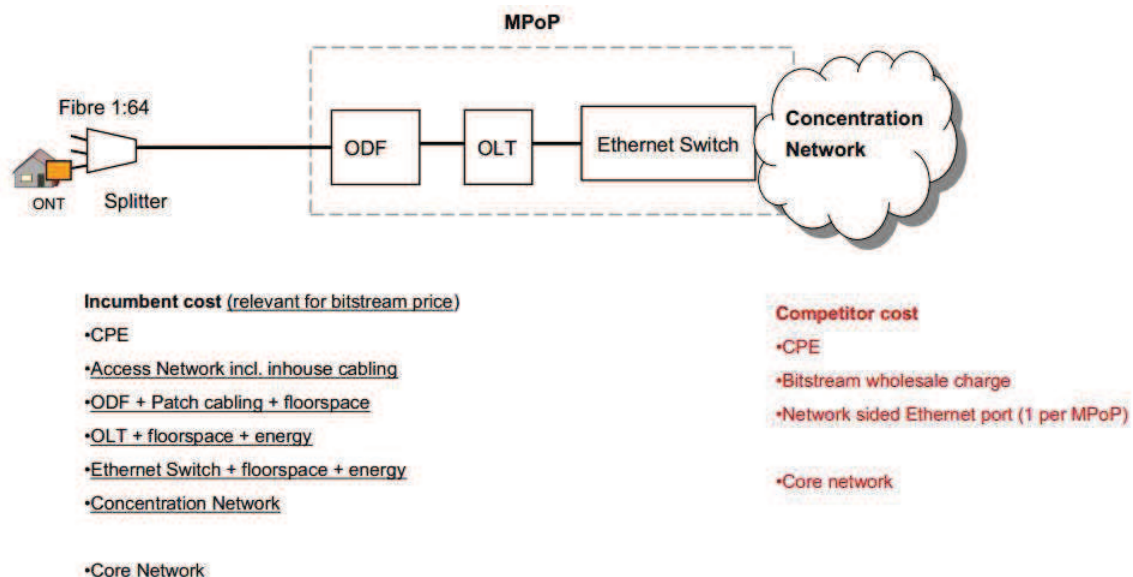


ILUSTRACIÓN 49 - ACCESO A CAUDAL DE DATOS DESDE EL NÚCLEO DE RED EN ESCENARIO GPON

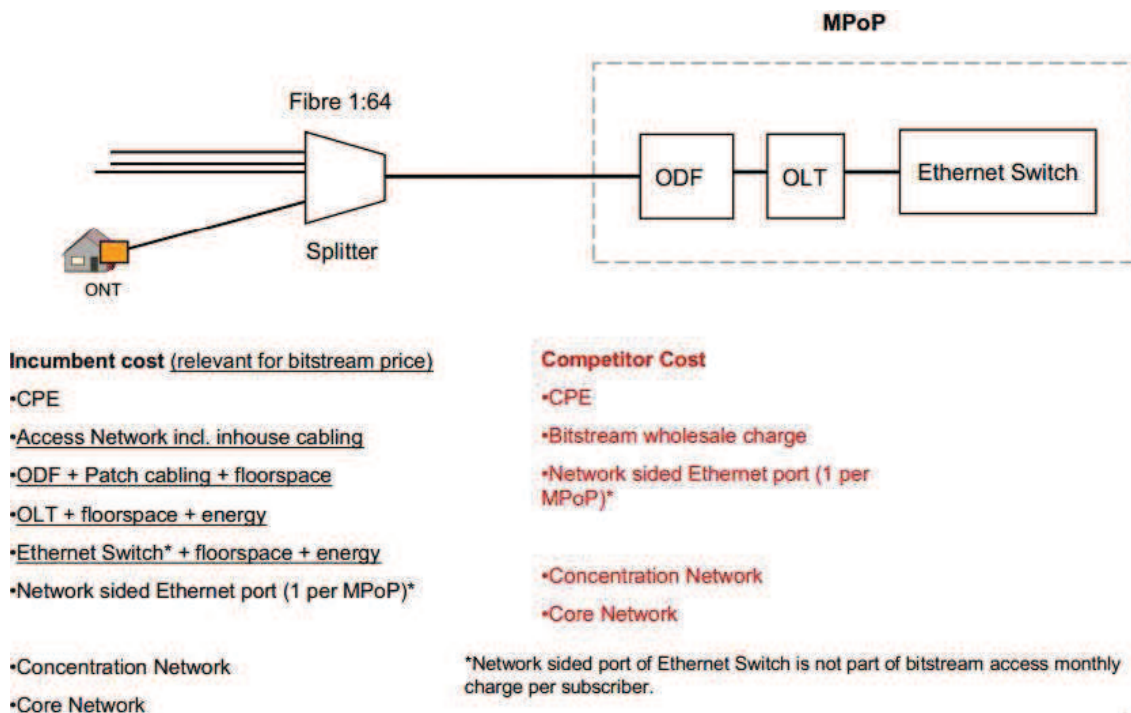


ILUSTRACIÓN 50 - ACCESO A CAUDAL DE DATOS DESDE EL MPoP EN ESCENARIO GPON

### 7.3.1.3 GPON SOBRE TOPOLOGÍA PASIVA P2P

GPON también puede ser implementado sobre una arquitectura punto a punto “llevándose los divisores atrás” hacia la localización del MPoP y colocando fibras dedicadas en los tramos drop y feeder. Como en el primer escenario, el número de fibras en ambos segmentos es el mismo, por lo que esta arquitectura GPON no supone ningún ahorro de fibra.

La razón de ser de este híbrido P2P/GPON es su potencial de combinar ventajas de ambas tecnologías. Todas las fibras que llegan al ODF son accesibles, de forma que cada cliente tiene una fibra dedicada hasta el MPoP. Permitiendo el acceso de todo el espectro de la fibra tendríamos el escenario P2P visto anteriormente. Si no conectamos los divisores y OLTs al MPoP, sino a otros sistemas de transmisión, los clientes podrían ser provistos de otros productos que van más allá de los típicos de GPON (por ejemplo, tráfico simétrico a 1 Gbps).

Localizar los divisores en la central permite un uso más eficiente de los mismos durante la fase de lanzamiento de la instalación, cuando todavía hay pocos usuarios conectados. Esto es importante en el sentido de que reduce el riesgo de inversión en este tipo de tecnologías. Contrariamente a lo que sucede en un escenario GPON estándar con divisores en campo, los OLTs tendrán un alto ratio de utilización, pues únicamente los usuarios activos están conectados.

El uso de líneas de acceso más largas entre los divisores y los usuarios finales no tiene impacto en la previsión óptica del sistema GPON, pues el cable *feeder* presenta un acortamiento equivalente; la longitud total es la misma. En comparación con la utilización de divisores en cascada, un divisor más grande en la central también significa menos particiones de fibra y por tanto una atenuación menor.

El espacio, y los costes asociados requeridos en los MPoP serán mayores que con una tecnología GPON con divisores distribuidos, pues la red ODF y la cantidad de puertos del lado del cliente son significativamente mayores, además de que los divisores deben ser ubicados en el MPoP también. Por otra parte, existirá un ahorro en los divisores que no se desplegarán en campo, además de sus costes asociados.

El producto mayorista considerado para este escenario es un bucle desagregado de fibra. Desde una perspectiva mayorista, el escenario GPON sobre desagregado P2P es idéntico al desagregado P2P.

#### **7.3.1.4 WDM PON**

La utilización de una fibra óptica para varios clientes puede ser implementado de varias formas. Las tecnologías GPON permiten el acceso a los usuarios según intervalos de tiempo (TDM, Time Division Multiplex), utilizando todos ellos el mismo haz óptico para la transmisión, siendo el OLT de la central el que asigna los derechos a los diferentes usuarios. Sin embargo, WDM (Wave Division Multiplex) asigna a los usuarios haces ópticos de diferentes longitudes de onda (diferentes colores) para separar la información transmitida por unos u otros. Esencialmente, WDM es una forma de expansión de la capacidad de la fibra, mediante la utilización de más de una longitud de onda.

La tecnología WDM PON permite longitudes de onda dedicadas para cada cliente, resultando en un mayor ancho de banda que el obtenido con GPON. Cada una de estas longitudes de onda soporta 1Gbps, que pueden ser administrados por uno o más WDM PON OLTs, que operados por distintos operadores permiten un desagregado de la longitud de onda.

El propósito de WDM no se entiende como una forma de multiplexar varias señales GPON en la misma fibra, sino de mejorar la capacidad del sistema, ofreciendo a cada cliente una longitud de onda separada de mayor capacidad, que puede ser desagregada también.

Asumiremos que un único OLT es capaz de soportar 1000 longitudes de onda de 1Gbps de forma simétrica. La instalación de fibra puede llegar a 100 km. Esta tecnología permite prescindir de todos los MDF existentes, excepto aquellos de acceso a la red global.

La funcionalidad de los sistemas centrales en el MPoP es comparable entre WDM y GPON. Los cables backhaul terminan en un ODF, que permite conectar el divisor a cualquier puerto OLT. Los OLTs están conectados a switches Ethernet de alta potencia que acumulan el tráfico hacia los routers centrales.

Con la tecnología WDM PON se incrementa notablemente el ancho de banda disponible por los usuarios finales (entre 40Mbps y 1Gbps), pero el ancho de banda pico se reduce respecto a GPON (que llegaba a 2.5Gbps en el caso de GPON compartido). El pico de 1Gbps viene dado por el ancho de banda que ofrece el haz óptico, siendo necesario acumular colores para ofrecer mayores anchos de banda.

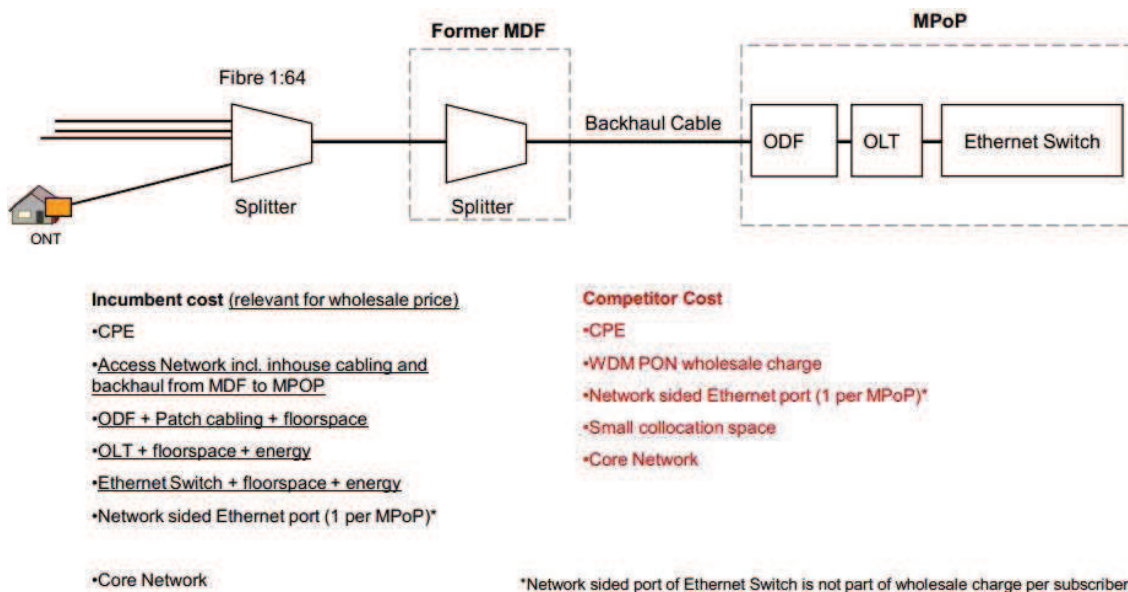


ILUSTRACIÓN 51 - DESAGREGADO A NIVEL DE NÚCLEO DE RED EN ESCENARIO WDM PON

## 8. TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA

### 8.1 ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN

Las redes de telecomunicaciones móviles han evolucionado de la siguiente manera:

- Primera generación: era completamente analógica, y se desarrolló a finales de los 70 y principios de los 80. Su único servicio era la telefonía.
- Segunda generación: surge a principios de los años 90. Se introduce la transmisión digital en la parte radio, lo que permite introducir corrección de errores, mejorando la calidad general del servicio. En Europa se desarrolló esta generación de comunicaciones móviles a través del estándar GSM (Global System for Mobile Communications), con tres bandas de operación (900, 1800 y 1900 MHz). También se permitía la comunicación de datos (modo circuito, a 9600 bps).
- Evolución de la segunda generación (2.5G): se introduce la conmutación de paquetes en la interfaz radio, lo que da origen a los estándares GPRS (General Packet Radio Service) y EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution), que teóricamente alcanzaba los 384 Kbps.
- Tercera generación: habiendo exprimido las redes GSM, el siguiente salto fue considerable. UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) es el estándar de 3G que se desarrolló en Europa, y emplea un interfaz radio basado en W-CDMA con dos modos de operación: FDD y TDD: Teóricamente, la tasa alcanza los 3.84 Mbps. Veremos este estándar con detalle a continuación.

### 8.2 ARQUITECTURA DE UNA RED 3G

En una red 3G encontramos tres partes bien diferenciadas: los equipos de usuario, la red de acceso radio y la red troncal.

Los equipos de usuario acceden a la red a través de su interfaz radio. La red de acceso radio se encarga de comunicar el equipo de usuario con la red troncal o con otras partes de la red de acceso radio (en el caso de comunicación móvil a móvil).

La red de acceso UMTS consta de uno o más subsistemas RNS, que consideran un RNC (Radio Network Controller) y una o varias estaciones base (Nodos B) que es donde se ubican las antenas.

Una de las principales diferencias de UMTS con respecto a 2G es la posibilidad de comunicación directa entre subsistemas de la red de acceso (entre RNCs) lo que



posibilita traspasos suaves (*soft- handover*) entre estaciones de distintos RNCs cuando el usuario se encuentra en movimiento.

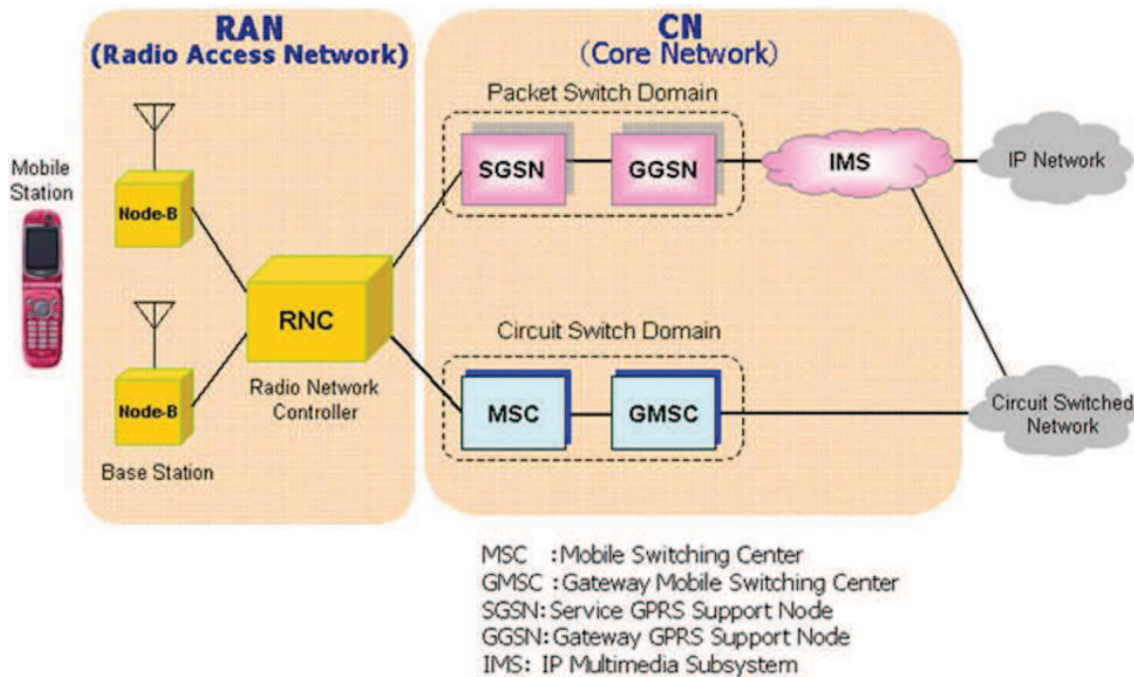


ILUSTRACIÓN 52 - ARQUITECTURA DE UNA RED 3G

Además, la red radio considera dos interfaces lógicas diferentes hacia el núcleo central: una basada en conmutación de circuitos y otra basada en conmutación de paquetes.

El núcleo de red de la arquitectura UMTS se planteó en principio como una evolución del estándar 2G. La evolución de esta parte de la arquitectura se produjo en posteriores evoluciones.

Respecto a la red de acceso, fue principalmente donde se produjo la diferenciación entre 2G y 3G; se planteó el uso de WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) en la interfaz radio y de ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) en la red de acceso.

### 8.3 ACCESO RADIO EN REDES 3G

UMTS divide el espectro disponible en bandas de 5 MHz, dentro de las cuales se utilizan dos modos de operación:

- FDD (*Frequency Division Duplex*), que establece portadoras distintas para los enlaces ascendente y descendente. Cada portadora, a su vez, se divide en varios canales mediante distintos códigos CDMA, en su variante DS-CDMA (DS, *Direct Sequence*).

- TDD (*Time Division Duplex*), en la que los enlaces ascendente y descendente comparten los mismos 5 MHz, pero en momentos diferentes. En este caso se utiliza una técnica de acceso que combina TDMA y DS-CDMA. En modo TDD se pueden asignar distinto número de ranuras temporales a los enlaces descendente o ascendente, lo que favorece el tráfico asimétrico. El modo TDD resulta adecuado para alcances reducidos (picoceldas) pues proporciona buenas prestaciones cuando la dispersión temporal de la señal es pequeña.

Como hemos visto en el modo TDD, el tamaño de las celdas es importante a la hora de definir el modo de operación. En este sentido, UMTS contempla diferentes ámbitos de cobertura, cada uno con niveles de servicio diferentes:

- Macroceldas: orientadas a entornos rurales, donde el área geográfica a cubrir es extensa, y el tráfico esperado es bajo. En este caso se espera que el usuario pueda tener una alta movilidad (por ir viajando en coche o tren), estableciéndose una tasa objetivo de 144 Kbps. El alcance de estas celdas es típicamente de 5-6 km.
- Microceldas: pensadas para entornos urbanos o suburbanos. Según la densidad de población, se establecen tamaños entre 300 m y 4 km. La tasa objetivo se sitúa en 384 kbps, con velocidades del usuario de hasta 150 km/h.
- Picoceldas: aquellas con una densidad de tráfico elevada, con baja movilidad del usuario (hasta 3-4 km/h). Típicamente, estas son las condiciones del interior de un edificio. Reduciendo adecuadamente la cobertura hasta pocos metros, se consiguen tasas de hasta 2048 Kbps.

## 8.4 HSPA (HIGH SPEED PACKET ACCESS)

HSPA (*High Speed Packet Access*) hace referencia a las mejoras realizadas sobre UMTS, tanto en velocidad de subida (HSUPA – *High Speed Uplink Packet Access*-, 3GPP Release 5) como de bajada (HSDPA – *High Speed Downlink Packet Access*, 3GPP Release 6). Las nuevas tasas teóricas para estos estándares son 14.4 Mbps de bajada y 5.8 Mbps de subida. HSPA no requiere cambios estructurales en el núcleo de red, pues es una tecnología de red de acceso (los únicos cambios en la red troncal serían aquellos derivados del incremento de tráfico debido a las mejores tasas).

Los cambios que permitieron estas mejores tasas se pueden resumir en lo siguiente:

HSDPA: Introdujo una serie de mejoras y funcionalidades en el enlace radio de bajada, esencialmente basadas en adaptar las condiciones de comunicación a las circunstancias concretas de cada momento:



- Se añade un canal de radio compartido por todos los usuarios, de cara a mejorar el uso del espectro.
- Se utiliza un TTI (*Transmission Time Interval*) más corto que en UMTS (2ms en HSDPA, frente a los 10-80 ms de UMTS), lo que permite que el sistema reaccione más rápidamente a los cambios en las condiciones de disponibilidad del canal radio, reasignando la capacidad entre los distintos usuarios de una forma más efectiva.
- Planificación del tráfico desde el Nodo B, analizando la calidad del enlace descendente unas 500 veces por segundo.
- La modulación y la codificación del enlace también son adaptativas, utilizando modulaciones más complejas (16 QAM) cuando la robustez del enlace lo permite.
- Retransmisión rápida de paquetes erróneos, lo que permite que la tasa de transferencia se mantenga elevada.

HSUPA: Al igual que HSDPA, se optimiza el interfaz radio para soportar mayores tasas:

- Creación de un canal dedicado para el interfaz de subida.
- Retransmisión rápida de paquetes erróneos (al igual que HSDPA).
- Planificador del nodo B: el nodo B asume la labor de controlar qué códigos puede utilizar el terminal de usuario. Esto ayuda a mejorar la capacidad y la cobertura.

## 8.5 HSPA+

HSPA se definió a través de las Releases 7 y 8 de 3GPP. Las mejoras de HSPA+ respecto a la versión original de HSPA se fundamentan en lo siguiente:

- Nuevos esquemas de modulación, tanto para el enlace descendente como para el ascendente.
- Conectividad continua en modo paquete. Como respuesta al elevado volumen de tráfico de los nuevos terminales móviles, hubo que reacondicionar los canales comunes que se habían creado en la versión original de HSDPA y HSUPA para que permitieran también tráfico de usuario.
- Mejoras en los protocolos de nivel 2.
- Uso de técnicas MIMO (*Multiple Input, Multiple Output*).
- Utilización de doble portadora (Release 8)

Cabe destacar que el uso de MIMO y la utilización de modulaciones más complejas (64QAM en el enlace descendente, 16QAM en el enlace ascendente) son mutuamente excluyentes.

¿En qué consiste MIMO? MIMO aprovecha el multitrayecto, es decir, las múltiples ondas procedentes del emisor que, desfasadas tras multitud de reflexiones en el medio llegan al receptor. Antes de MIMO, el multitrayecto siempre había sido algo a minimizar, pues los retardos de fase pueden llegar a provocar distorsión. MIMO explota la existencia de multicaminos mediante la utilización de múltiples antenas en el emisor y en el receptor, de forma que se aumenta la tasa de transferencia mediante esta forma de multiplexación espacial cuando la relación señal a ruido es suficientemente alta, o bien se reduce la tasa de error cuando la relación señal a ruido no es adecuada, pues utilizamos las múltiples antenas a modo de diversidad en recepción.

La utilización de doble portadora fue presentada en la Release 8 de 3GPP, y su objetivo es mejorar la tasa de transferencia en el tráfico a ráfagas. Este tipo de tráfico es demandado más frecuentemente en el enlace descendente, por lo que la doble portadora se aplica en ese sentido, y se conoce indistintamente como DC-HSPA o DC-HSDPA (DC de *Dual Carrier*).

DC-HSPA utiliza varias de las portadoras de 5 MHz asignadas al operador para el mismo usuario, durante cortos periodos de tiempo. Además de mejorar la tasa de transferencia, se intenta optimizar los recursos, pues nos podemos encontrar con la utilización total de una banda, mientras que otra está infrautilizada. Para este modo de operación se requiere una gestión dinámica de los recursos, de forma que se reparte un mayor ancho de banda entre los usuarios que lo demandan en cada momento.

La tecnología de doble portadora es especialmente útil en los bordes de las celdas; un mismo terminal puede estar utilizando una banda en una celda, y la adyacente en la celda contigua, balanceándose la carga entre ambas, sin perder ninguno de los dos canales su propia gestión de la conexión en cuanto a modulación y codificación.

Como evolución de esta tecnología de doble portadora se pueden realizar numerosas mejoras: utilización de bandas no adyacentes (mayor flexibilidad para el operador), utilizar más de dos portadoras (con el consiguiente aumento de la tasa de transferencia) o incluso plantear la utilización de doble portadora también en el enlace ascendente (una consecuencia lógica del aumento de la velocidad en el enlace descendente es la mayor demanda que puede suscitar en el enlace ascendente).

## 8.6 LA CUARTA GENERACIÓN (4G)

IMT-Advanced es la descripción de la ITU para sistemas posteriores a IMT-2000. Define una serie de características que deberían poseer los sistemas candidatos a abanderar la próxima generación de redes móviles. Los requisitos se refieren, entre otros, a los siguientes aspectos: eficiencia espectral media y de pico, capacidad de voz

sobre IP, gestión del *Handover*, ancho de banda del canal, movilidad, calidad de servicio (QoS), gestión del *roaming*, relación con otras redes inalámbricas, etc.

Por ejemplo, en cuanto a movilidad, IMT-Advanced exige tasas de bajada de 1Gbps para peatones (hasta 10km/h) o de 100Mbps para alta movilidad (350km/h).

Test Environment	Speed	Downlink bps/Hz/Sector	Uplink bps/Hz/Sector	VoIP Calls/MHz/Sector
Indoor	Up to 10 km/hr	3.0	2.25	50
Micro-cellular	Up to 30 km/hr	2.6	1.8	40
Base Coverage Urban	Up to 120 km/hr	2.2	1.4	40
High Speed	Up to 350 km/hr	1.1	0.7	30

TABLA 3 – MÍNIMOS REQUERIMIENTOS DE EFICIENCIA ESPECTRAL EN IMT-ADVANCED

IMT-Advanced propone la base de lo que debería ser el próximo despliegue global de accesibilidad inalámbrica. La idea es ofrecer internet de alta velocidad en grandes extensiones, ofreciendo prestaciones muy superiores a las conexiones inalámbricas actuales, con prestaciones similares a las obtenidas con enlaces fijos de fibra óptica, pero con la ventaja de que la infraestructura necesaria es mucho menor, y es una solución mucho más apta para ofrecer alta velocidad en zonas en las que los usuarios se encuentren dispersos.

La respuesta de 3GPP e IEEE a los requerimientos de IMT-Advanced ha sido la evolución de los respectivos estándares de cada organismo, lo que ha dado lugar a LTE-Advanced (3GPPRelease 10) y WiMAX2 (IEEE 802.16m).

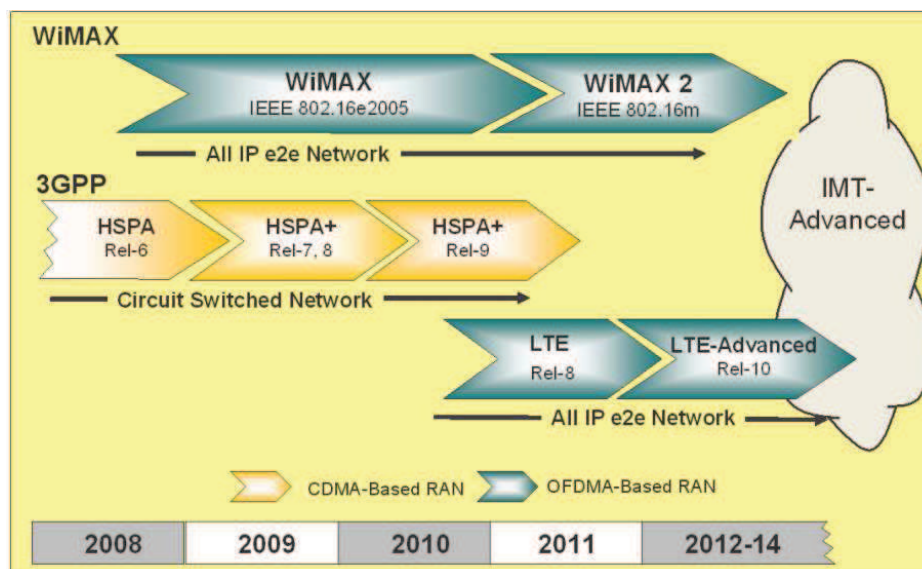


ILUSTRACIÓN 53 – EVOLUCIÓN DE LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS HACIA LA ALINEACIÓN CON IMT-ADVANCED<sup>63</sup>

WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) es el estándar especificado en IEEE 802.16e, y su evolución a WiMAX 2, IEEE 802.16m.

Tecnológicamente, LTE y WiMAX no se encuentran muy separadas. Ambas se basan en OFDMA con una estructura all-IP. La principal diferencia entre ellas está en el modelo de negocio que tanto 3GPP e IEEE están promoviendo, respectivamente, para ambas. LTE se está ubicando como continuación de 3G/3.5G, esto es, con un modelo de negocio basado en la integración horizontal de la tecnología, como preferida de los operadores móviles. Por el contrario, WiMAX apuesta por una infraestructura basada en un internet abierto. Frente a la integración horizontal de LTE, WiMAX intenta sobrevivir integrándose verticalmente en sectores industriales<sup>64</sup>.

A continuación veremos en detalle el estándar LTE, y su evolución *LTE Advanced*, por ser esta tecnología la que se postula como preferente para ser desplegada en España.

## 8.7 LTE (LONG TERM EVOLUTION)

LTE fue definida en la release 8 de 3GPP. Las características técnicas que han sido definidas para LTE son:

<sup>63</sup> [http://www.wimaxforum.org/sites/wimaxforum.org/files/document\\_library/wimax\\_hspa+and\\_lte\\_11\\_1809\\_final.pdf](http://www.wimaxforum.org/sites/wimaxforum.org/files/document_library/wimax_hspa+and_lte_11_1809_final.pdf)

<sup>64</sup> WiMAX se reinventa en los mercados verticales  
[http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=bvAPHx8sy4o](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=bvAPHx8sy4o)

- OFDM en el enlace descendente y SC-FDMA (single carrier FDMA) en el enlace ascendente
- Utilización de MIMO.
- Ancho de banda escalable entre 5 y 20MHz.
- Evolución hacia una arquitectura *All-IP*.

Access Scheme	UL	DFTS-OFDM
	DL	OFDMA
Bandwidth		1.4, 3, 5, 10, 15, 20MHz
Minimum TTI		1msec
Sub-carrier spacing		15kHz
Cyclic prefix length	Short	4.7μsec
	Long	16.7μsec
Modulation		QPSK, 16QAM, 64QAM
Spatial multiplexing		Single layer for UL per UE Up to 4 layers for DL per UE MU-MIMO supported for UL and DL

TABLA 4 – PARÁMETROS DE LTE<sup>65</sup>

Las tasas son de 100Mbps para un enlace descendente en canal de 20MHz con dos antenas de emisión y dos de recepción (MIMO 2x2) y 50Mbps de subida con canal de 20MHz y una antena de emisión y 2 de recepción (SIMO 1x2), aunque hay otras posibilidades.

Category		1	2	3	4	5
Peak rate Mbps	DL	10	50	100	150	300
	UL	5	25	50	50	75
Capability for physical functionalities						
RF bandwidth		20MHz				
Modulation	DL	QPSK, 16QAM, 64QAM				
	UL	QPSK, 16QAM				QPSK, 16QAM, 64QAM
Multi-antenna						
2 Rx diversity		Assumed in performance requirements.				
2x2 MIMO		Not supported	Mandatory			
4x4 MIMO		Not supported				Mandatory

TABLA 5 – POSIBLES CONFIGURACIONES DE LTE<sup>66</sup>

Por otro lado, LTE utiliza la misma base que HSPA para la planificación del canal de datos compartido, así como los mecanismos adaptativos del canal que optimizan el rendimiento de manera dinámica. LTE se fundamenta en el uso de canales

<sup>65</sup>[http://www.3gpp.org/local/cache-vignettes/L400xH234/LTE\\_parameters-b61e9.jpg](http://www.3gpp.org/local/cache-vignettes/L400xH234/LTE_parameters-b61e9.jpg)

<sup>66</sup>[http://www.3gpp.org/local/cache-vignettes/L400xH236/LTE equip\\_cat-0a686.jpg](http://www.3gpp.org/local/cache-vignettes/L400xH236/LTE equip_cat-0a686.jpg)

compartidos y de broadcast, no haciendo uso de canales dedicados para usuarios concretos. Los recursos radio son asignados en tiempo real, lo que aumenta la eficiencia.

LTE puede coexistir con las anteriores redes HSPA, lo que garantiza una evolución compatible y en paralelo de ambos sistemas.

Una de las principales diferencias de LTE respecto a sistemas precedentes es la utilización de OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) en lugar de los sistemas anteriores basados en WCDMA. La decisión de este cambio vino dada por los altos requisitos propuestos, que hacen poco aconsejable el uso de WCDMA, pues se requeriría un alto procesamiento de datos, y el consumo de potencia sería inviable. OFDM permite alcanzar los objetivos marcados por IMT Advanced mediante implementaciones más sencillas, con un coste más bajo y un consumo menor.

Mientras que las velocidades en WCDMA venían delimitadas por el canal de 5 MHz, en LTE podremos tener anchos de hasta 20 MHz, teniendo un comportamiento similar entre LTE y HSPA si el ancho de banda está por debajo de 10 MHz y el número de antenas es similar.

LTE divide los canales de 20 MHz en subcanales de banda estrecha mediante OFDM, llevando cada uno de esos subcanales a su máxima capacidad. Combinando todos los subcanales se obtiene la máxima tasa de transmisión. De esta forma, tenemos miles de subcanales de banda estrecha enviando mensajes de baja velocidad, que combinados en el receptor forman un mensaje de alta velocidad. Los subcanales de banda estrecha se asignan dinámicamente en cada ráfaga mediante algoritmos que tienen en cuenta los diferentes aspectos radio que pueden influir en la calidad del canal.

La utilización de frecuencias ortogonales garantiza protección contra el multitrayecto, pues los bits se pueden transmitir más despacio. La resistencia a la interferencia viene dada por la naturaleza ortogonal de OFDM, en donde un nulo de una subportadora coincide exactamente con un máximo de la subportadora adyacente. Con esta técnica es importante mantener bajo el ruido de fase, pues perder la ortogonalidad entre las subportadoras originaría interferencia entre los canales.

LTE presenta una gran flexibilidad en el uso del espectro; puede ser desplegado en muchas bandas diferentes, sin necesidad de grandes cambios en el interfaz radio. Esto permitirá a los operadores aprovechar convenientemente las frecuencias procedentes del *refarming* y del dividendo digital.

Otra de las novedades de LTE es su integración con redes IP. Toda la comunicación está basada en paquetes, lo que permite la conectividad y el handover con otras tecnologías de acceso, tales como WiFi, DSL o GPON.



LTE asigna más competencias a los nodos B, de forma que desaparece la RNC y el nodo se conecta directamente al núcleo de red. La utilización de IP y estas nuevas funcionalidades del nodo B permiten hacer mucho más dinámico el balanceo de carga, la asignación de capacidad, la movilidad (facilita el handover) y la protección frente a ruptura de enlaces. Como contrapartida, nos encontraremos con una red menos jerárquica, que requerirá una gestión central más compleja.



Parameters		LTE (Rel-8) 	LTE-Advanced (Rel-10) 
Access Scheme	UL	DFTS-OFDM	Aggregated Component Carriers in Rel-8
	DL	OFDMA	
Bandwidth configuration		1.4, 3, 5, 10, 15, 20MHz	
Operating bands		LTE operating bands	LTE operating bands (+ possible ITU IMT bands)
UE transmit power		BC3: 23dBm (Max)	Subset of Rel-8

TABLA 6 - COMPARATIVA ENTRE LTE Y LTE ADVANCED

LTE Advanced incrementa las prestaciones de LTE, en aspectos tales como:

- Ancho de banda de hasta 100 MHz, agregando componentes de 20 MHz.
- Posibilidad de hasta 8 antenas en recepción y 4 en emisión (desde el equipo de usuario).
- Planificación de envío de paquetes más avanzada.
- Beamforming (adaptación del haz de la antena) en función de las condiciones del enlace.
- Uso de repetidores, para mejorar la cobertura con un coste relativamente pequeño.



## **PARTE II**

# **LA VIABILIDAD DE LA BANDA ANCHA EN ESPAÑA**

## **9. ESTUDIO ECONÓMICO FTTH**

Llegados a este punto es momento de estudiar la viabilidad de un hipotético despliegue de fibra óptica en España.

### **9.1 EL MODELO**

Para el estudio económico de las redes FTTH nos fundamentaremos en un estudio<sup>67</sup> realizado por la consultora *WikConsult* para la compañía Vodafone. Inicialmente presentaremos los fundamentos del estudio original y analizaremos sus resultados más destacados. Posteriormente adaptaremos el estudio al caso concreto de España, particularizando el modelo de costes en la medida que nos sea posible. El estudio original deja entrever algunos aspectos de los costes considerados, por lo que tendremos que realizar las suposiciones y aproximaciones que consideremos oportunas. Como prueba del ajuste del modelo, presentaremos también los resultados que obtenemos aplicando nuestra estimación del modelo a los propios datos del estudio, presentando las desviaciones que pudieran producirse.

### **9.2 EL ESTUDIO ORIGINAL**

El propósito del estudio original que se ha tomado como referencia es establecer la viabilidad de diferentes modalidades de despliegue de fibra óptica, en distintos escenarios poblacionales.

El estudio considera aquellas redes de nueva generación con la máxima calidad y ancho de banda disponibles, lo que de entrada ya supone prescindir de aquellas soluciones que aún dejan en manos del par de cobre alguna funcionalidad, Esto quiere decir que hablaremos únicamente de soluciones FTTH y nos centraremos en las soluciones europeas más relevantes en este sentido: Ethernet punto a punto y GPON.

---

<sup>67</sup>

[http://www.vodafone.com/content/dam/vodafone/about/public\\_policy/position\\_papers/wik\\_study\\_slides.pdf](http://www.vodafone.com/content/dam/vodafone/about/public_policy/position_papers/wik_study_slides.pdf)

De cara a plantear alternativas a las limitaciones y cuellos de botella de las soluciones GPON, se consideran dos variantes de ésta; una, implementando electrónica GPON sobre una base pasiva de fibra punto a punto, y dos, una versión menos desarrollada que incrementa el ancho de banda de los actuales sistemas PON mediante la tecnología WDM sobre una topología punto-multipunto.

La red del modelo consiste en una red de acceso, una red de concentración, y una de las redes de acceso de nueva generación presentadas previamente.

El modelo de costes considerado asume que la fibra está desplegada y sustituye completamente al par de cobre. La idea es establecer el punto en el que resulta rentable para un operador entrar en un determinado mercado, es decir, buscaremos el punto en el que los ingresos igualan a los costes. Denominaremos “cuota de mercado crítica” a la cuota mínima de mercado que necesita un operador para hacer rentable su inversión. Por debajo de la cuota crítica de mercado no resulta rentable para un competidor operar en un escenario determinado.

El estudio considera que entre todos los operadores nunca alcanzarán al 100% de los potenciales clientes; hay clientes que preferirán otros tipos de red (red móvil, por ejemplo) o ninguna red en absoluto. El límite se establece en el 70%, que es un valor razonable como cuota de adopción para un país europeo medio (y también para España).

El modelo original considera un cliente promedio con una demanda de 400kbps en la hora más ocupada del día, del que se obtiene un ingreso promedio (ARPU, *Average Revenue Per User*) de 44.25€ al mes.

El *customer mix* está basado en:

- *Single play* (solo voz).
- *Doubleplay* (voz y banda ancha).
- *Triple play* (voz, banda ancha y TV IP),
- Usuarios profesionales.

En el siguiente cuadro se establecen las consideraciones del estudio en cuanto a estas combinaciones:

	Tráfico en la <i>busyhour</i> (kbps)	Retorno por usuario (€)	Porcentaje
Solo voz	20	17	5%
Voz y banda ancha	380	36	25%
Voz, banda ancha, TV	425	44	60%
Profesionales	600	80	10%
Usuario medio	411	44.25	100%

TABLA 7 – CUSTOMER MIX

Se puede considerar que un ARPU de 44,25€ es un poco alto, especialmente en el caso de España, pero cabe esperarse que los costes de despliegue de las redes de acceso de nueva generación acabe teniendo un impacto en los precios de las conexiones ofrecidas por los distintos operadores. En el estudio se considera el mismo ARPU para todas las arquitecturas consideradas.

Cuando analicemos el acceso mayorista consideraremos que el ARPU de los competidores es un 5% inferior (42,04€), lo que refleja la ventaja del incumbente, tanto por imagen de marca como por el hecho de partir de una amplia base de clientes.

El valor del ARPU será el valor umbral que definirá la viabilidad de cada una de los escenarios propuestos. Cuando el coste por mes y usuario supere el valor del ARPU consideraremos que el escenario en cuestión es inviable.

Para el estudio del rendimiento relativo de las tecnologías Ethernet P2P y GPON se tienen en cuenta los diferentes gastos de operación, especialmente los concernientes a espacio necesario y consumo de energía. Se asume un tamaño de MPoP en el que el que se sirven líneas de fibra para el 100% de los usuarios, y que para tecnologías punto-multipunto todas las fibras están conectadas a OLTs.

Consideramos dos tipos de gastos: los gastos de capital y los gastos de operación.

Los **capex** (*capital expenditures*, gastos de capital) son las inversiones que la empresa realiza, en activos cuya rentabilidad se extiende más allá del año actual. En este sentido debemos considerar los gastos en terrenos, edificios, vehículos, equipamiento de oficina, tiradas de cable, arquetas, etc. De cara a establecer los gastos de operación se considera que la vida útil de los distintos componentes es de 20 años para los componentes pasivos del punto de acceso metropolitano, 7 años para los componentes activos (OLTs, switches Ethernet), y de 5 años para la unidad CPE (*Customer Premises Equipment*, Equipo local del cliente). La inflación de los precios de todos estos componentes se ha fijado en cero.

Los gastos de operación (**Opex**, *operation expenditures*) son aquellos que se derivan de la operación habitual de la red, así como de los gastos de mantenimiento asociados. Debemos considerar como gastos de operación: consumo de energía, alquiler de suelo, mantenimiento de las instalaciones y gastos de gestión del cliente.

Sobre la suma de los gastos de capital y de operación se aplica un margen del 10%, a modo de “gastos comunes”. En esta categoría englobamos aquellos gastos que no están directamente relacionados con la red, pero que son necesarios, como pueden ser: administración, recursos humanos, estrategia, marketing, etc.

La viabilidad de las redes de acceso depende enormemente de la densidad de población (y, consecuentemente, de la densidad de potenciales clientes). El modelado del estudio considera un hipotético país europeo de 40 millones de habitantes y 22 millones de hogares. En este país se definen 8 zonas (todas ellas superpuestas, y que el estudio original denomina *clusters*), cada una de ellas con una estructura diferente en cuanto a densidad de población, intentando siempre mantener un reparto típicamente europeo.

El hipotético país europeo considerado en el modelo (“Euroland”) y sus 8 clústers tienen las siguientes características:

Geotipo	Nº Clúster	Clientes potenciales por km <sup>2</sup>	Número total de clientes potenciales	% clientes potenciales por clúster	Número de MDF (MainDistribution Frame)	Clientes potenciales por MDF	Tirada media de fibra por cliente (metros)
Urbano (denso)	1	4000	1.763.916	8%	69	25564	2.4
Urbano	2	1600	2.163.672	10%	168	12879	5.4
Poco Urbano	3	800	2.646.000	12%	252	10500	7.8
Suburbano (denso)	4	470	2.062.480	9%	280	7366	10.2
Suburbano	5	280	2.460.360	11%	303	8120	13.1
Suburbano(poco denso)	6	150	2.989.056	14%	417	7168	17.4
Rural (denso)	7	60	4.331.208	20%	1.421	3048	28.6
Rural	8	<60	3.448.368	16%	2.488	1386	55.1
			<b>21.865.060</b>	<b>100%</b>	<b>5.398</b>		

TABLA 8 – GEOTIPOS DE EUROLAND

Consideraremos dos tipos de participantes en el mercado de las redes de acceso de nueva generación:

- El incumbente, como inversor.
- El competidor entrante, como demandante de acceso por parte del mayorista.

El incumbente puede desplegar su red de acceso de nueva generación, de cualquiera de los tipos que vimos anteriormente (GPON, P2P, GPON sobre P2P, WDM PON). El inversor desplegará su propia red de acceso de nueva generación en aquellas áreas (clústers) donde considere que el negocio es viable.

El competidor entrante no necesita desplegar una infraestructura completa por su cuenta, puede usar la red de acceso del incumbente. De esta forma, nos podemos encontrar tanto con acceso por desagregado de la fibra o utilizando acceso por caudal de datos a nivel del punto de acceso metropolitano o a nivel central. En este sentido se asume que el precio minorista que un competidor puede ofrecer por sus servicios será el del incumbente menos un 5%.

Los costes de la red central y de la red de concentración se consideran distribuidos en cada clúster según una cantidad fija para cada clúster, y distribuyendo el coste fijo restante de acuerdo al número de puntos de acceso metropolitano de cada clúster.

El coste principal de cada una de estas redes es debido a la red de acceso, especialmente por los costes de obra civil (zanjas), y se consideran en el estudio original de acuerdo a las características principales de cada red de acceso, como ya se presentó anteriormente; los escenarios más urbanos tendrán unos gastos diferentes de los escenarios rurales, en los que por ejemplo nos encontramos con un mayor porcentaje de despliegue aéreo.

Un modelo por clústers de densidad resalta las diferencias debidas a la distribución de los potenciales usuarios. En este sentido hay que considerar datos tales como las longitudes de las líneas de acceso y el método de despliegue (canalizado, enterrado o aéreo). Cada clúster tiene valores específicos de coste de canalización, cableado, pocetas de registro, cable aéreo, etc. Los costes de construcción serán mayores en las zonas densamente pobladas (pues hay que abrir aceras, por ejemplo), mientras que el despliegue aéreo será usado en mayor medida en zonas rurales. Por clúster, se considera el siguiente coeficiente de despliegue aéreo de cable:

Clúster	Porcentaje de despliegue aéreo de cable
1	0%
2	0%
3	10%
4	20%
5	30%
6	40%
7	60%
8	60%

TABLA 9 - PORCENTAJE DE DESPLIEGUE AÉREO DE CABLE

En el modelo consideraremos que el operador dominante (el incumbente) es el inversor en la infraestructura de la nueva red de acceso. Los nuevos competidores deben afrontar los mismos costes que el mayorista, pero logran un menor ingreso medio por usuario (ARPU). Si la red de nueva generación está basada en una topología

punto a punto, se considera que los competidores acceden a la red mediante bucles de fibra desagregados del mayorista. Si la topología es punto-multipunto, se considera que el acceso proporcionado por el mayorista se realiza en el MPoP o en los nodos centrales de acceso.

El estudio supone un modelo básico de costes bajo condiciones supuestamente eficientes, teniendo en cuenta todos los factores necesarios para proveer los servicios. Este planteamiento es coherente con el modelo LRIC (*Long-Run Incremental Cost*) que es el utilizado habitualmente en materia de regulación de telecomunicaciones.

Los costes que el mayorista ofrece a los competidores entrantes para acceder a su red están directamente relacionados con los costes que el incumbente ha de asumir; teniendo en cuenta que la mayor parte de estos costes son fijos, será factor determinante el número de clientes que acceden a la red del incumbente. Esto quiere decir que cuantos más clientes accedan a la red, menor será el coste por cliente de este acceso. En el estudio se asume que la red del incumbente opera al 70% de sus posibilidades. Este porcentaje corresponde a la porción de mercado esperada para conexiones FTTH frente a otros tipos, como pueden ser accesos móviles o por cable. Los precios por cliente marcados por el incumbente serán siempre una cantidad fija mensual por cliente.

### 9.3 RESULTADOS DEL ESTUDIO ORIGINAL

El principal y primer resultado del estudio consiste en estimar unos valores de cuota mínima de mercado que establezcan la viabilidad de la puesta en marcha de soluciones FTTH, tanto para el operador incumbente como para los competidores entrantes, en los diferentes escenarios propuestos (clústers). Como cuota de mercado debemos entender el porcentaje de clientes que se suscriben a un servicio determinado, de entre todos los potenciales clientes. La cuota crítica de mercado se refiere al mínimo porcentaje de clientes que necesita un operador para que su coste por cliente quede por debajo del ARPU (ingreso medio por usuario), es decir, el punto en el que puede esperar beneficios. El cálculo de esta cuota mínima se ha realizado de forma independiente para cada clúster, siendo los resultados de cada clúster independientes de los demás. Recordar que como máxima cuota alcanzable se ha fijado el 70% del mercado, entendiendo que el resto de los potenciales clientes eligen otras soluciones, o simplemente no se suscriben a ningún servicio de banda ancha. Cabe destacar el hecho de que el operador incumbente puede alcanzar su cuota crítica mediante su propio mercado minorista, vendiendo al por mayor a los competidores entrantes, o bien una combinación de ambas.

Los resultados del estudio original para cada una de las tecnologías en cuestión son los expuestos en los cuadros a continuación:

Arquitectura:	P2P		Cuota crítica de mercado	
Geotipo	Nº Clúster	Clientes potenciales	Incumbente	Competidor (desagregado de fibra)
Urbano (denso)	1	1.763.916	29%	9%
Urbano	2	2.163.672	41%	10%
Poco Urbano	3	2.646.000	53%	24%
Suburbano (denso)	4	2.062.480	52%	25%
Suburbano	5	2.460.360	67%	>100%
Suburbano(poco denso)	6	2.989.056	76%	>100%
Rural (denso)	7	4.331.208	>100%	>100%
Rural	8	3.448.368	>100%	>100%

TABLA 10 - RESULTADOS DEL ESTUDIO ORIGINAL PARA UNA ARQUITECTURA P2P

Cabe destacar la enorme diferencia que existe entre los clústers 4 y 5 cuando hablamos de la cuota crítica para el operador entrante; esto se entiende fácilmente cuando comparamos los costes del modelo original en cada uno de los dos clústers:

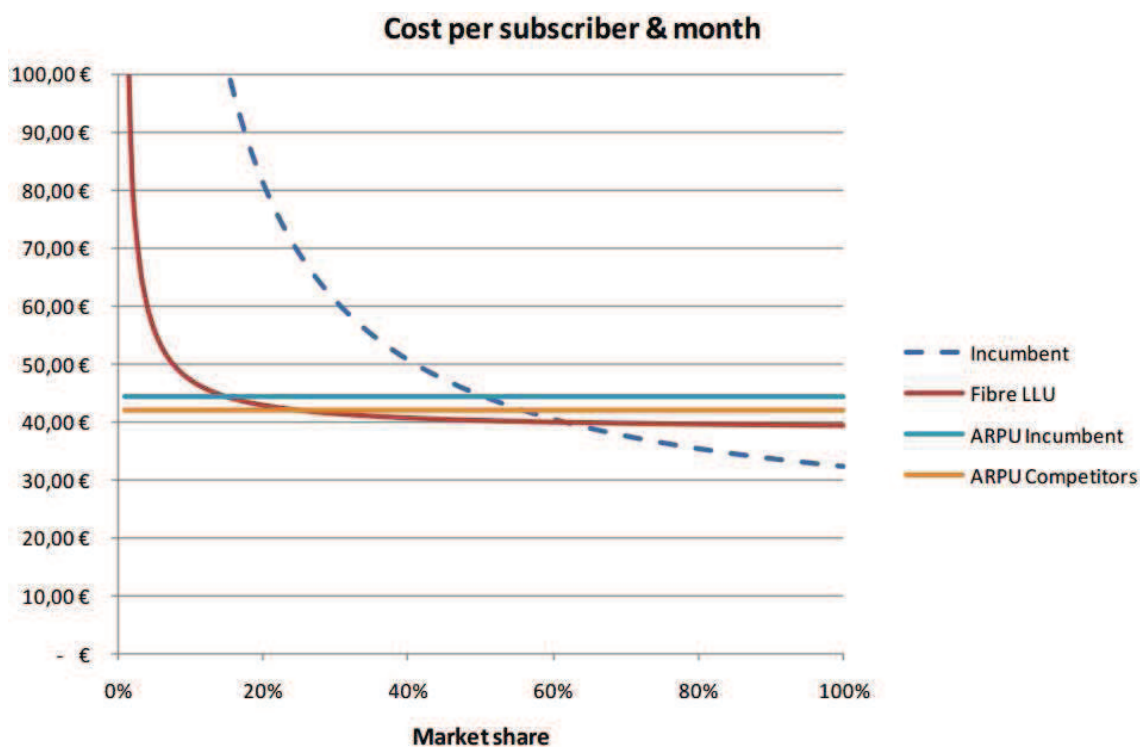


ILUSTRACIÓN 54- P2P, CLÚSTER 4: RESULTADOS DEL ESTUDIO ORIGINAL



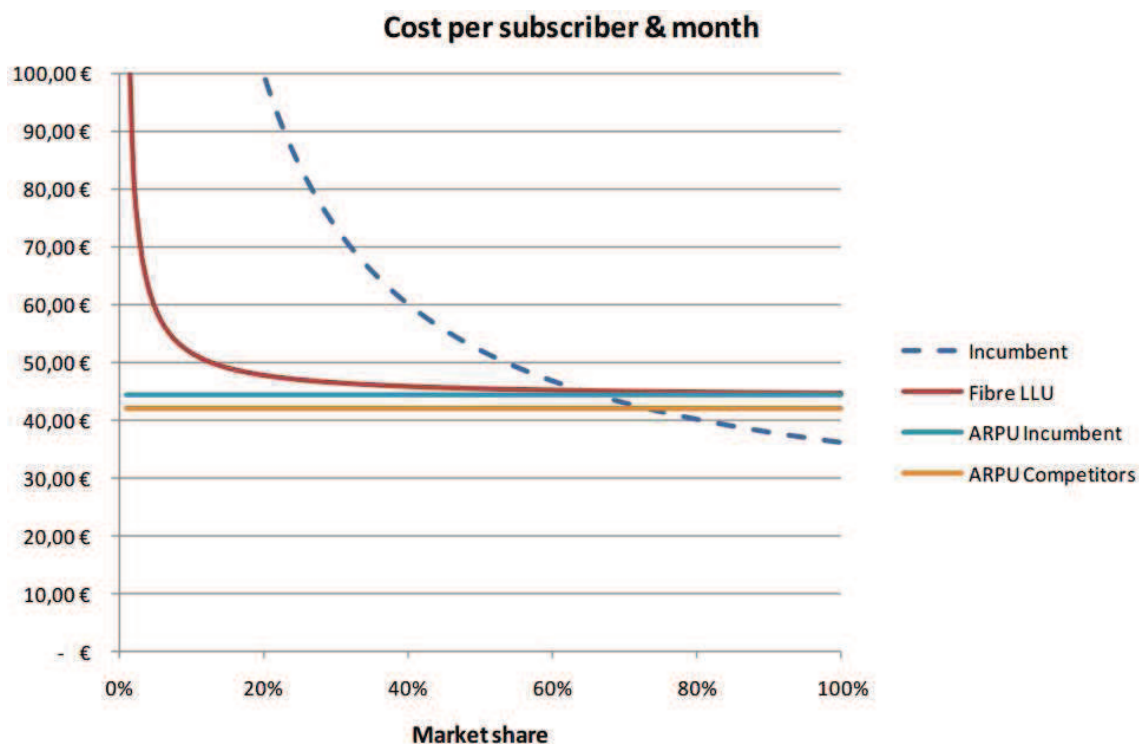


ILUSTRACIÓN 55 - P2P, CLÚSTER 5: RESULTADOS DEL ESTUDIO ORIGINAL

Como se puede ver, el coste por usuario del operador entrante en el clúster 5 nunca queda por debajo del ingreso medio por usuario, lo que hace inviable el despliegue en esta situación.

En el caso de las tecnologías GPON y WDM PON podemos ver que la viabilidad de GPON es mayor que la de WDM PON (excepto en el clúster 1). De forma similar al caso de GPON sobre P2P, el operador incumbente puede desplegar esta tecnología de forma viable hasta el clúster 6, lo que alcanzaría al 76% de los potenciales clientes para el caso de España.

Arquitectura:	GPON		Cuota crítica de mercado		
Geotipo	Nº Clúster	Clientes potenciales	Incumbente	Competidor (Bitstream desde red central)	Competidor (Bitstream desde MPoP)
Urbano (denso)	1	1.763.916	26%	4%	6%
Urbano	2	2.163.672	38%	3%	5%
Poco Urbano	3	2.646.000	48%	4%	8%
Suburbano (denso)	4	2.062.480	47%	5%	10%
Suburbano	5	2.460.360	60%	16%	28%
Suburbano(poco denso)	6	2.989.056	69%	>100%	>100%
Rural (denso)	7	4.331.208	98%	>100%	>100%
Rural	8	3.448.368	>100%	>100%	>100%

TABLA 11 - RESULTADOS DEL ESTUDIO ORIGINAL PARA UNA ARQUITECTURA GPON

Arquitectura:	WDM PON		Cuota crítica de mercado	
Geotipo	Nº Clúster	Clientes potenciales	Incumbente	Competidor (desagregado WDM PON)
Urbano (denso)	1	1.763.916	25%	4%
Urbano	2	2.163.672	39%	3%
Poco Urbano	3	2.646.000	50%	6%
Suburbano (denso)	4	2.062.480	49%	6%
Suburbano	5	2.460.360	63%	92%
Suburbano(poco denso)	6	2.989.056	72%	>100%
Rural (denso)	7	4.331.208	>100%	>100%
Rural	8	3.448.368	>100%	>100%

TABLA 12 - RESULTADOS DEL ESTUDIO ORIGINAL PARA UNA ARQUITECTURA WDM PON

Como conclusión principal del estudio original, cabe destacar que las tecnologías de acceso basadas en bitstream (GPON) son más viables que cualquiera basada en desagregado del bucle de abonado, si consideramos el mismo ARPU para todas ellas.

Otra comparación interesante es la que se puede realizar entre GPON bitstream desde la red principal y WDM PON; en los primeros clústers las cuotas críticas para un competidor entrante son parecidas, pero en el clúster 5 la cuota mínima para WDM PON se dispara y se muestra como un escenario inviable; esta diferencia se puede explicar por el mayor coste del equipamiento de usuario (CPE) para el caso de WDM PON.

En general, podemos ver que las cuotas críticas de mercado para los distintos escenarios y tecnologías no dejan espacio para muchos competidores actuando a la vez. El modelo en el que se fundamentan estas cifras es estático y no considera el juego competitivo que se daría a lo largo del tiempo entre los distintos participantes, pero da una idea de lo limitado que resulta el mercado en cuanto a número viable de participantes, y los estrechos márgenes que separan un escenario viable de uno completamente inviable.

## 9.4 AJUSTE DEL MODELO Y APLICACIÓN AL CASO DE ESPAÑA

En lugar de un reparto por zonas se podría haber considerado un criterio por población total, es decir, considerar un reparto en el que el criterio para calificar un municipio o zona como de un geotipo determinado sea la población, y no su densidad. En el presente proyecto no se ha considerado este criterio por múltiples motivos: el estudio tomado como referencia (para construir el modelo propio) considera un modelo por densidad, y no por población, lo que ya nos obliga a seguir el mismo criterio si pretendemos tomarlo como referencia. Además, ya existe un estudio

elaborado por la CMT para España que considera un modelo por población. Insistir en este sentido habría sido redundante.

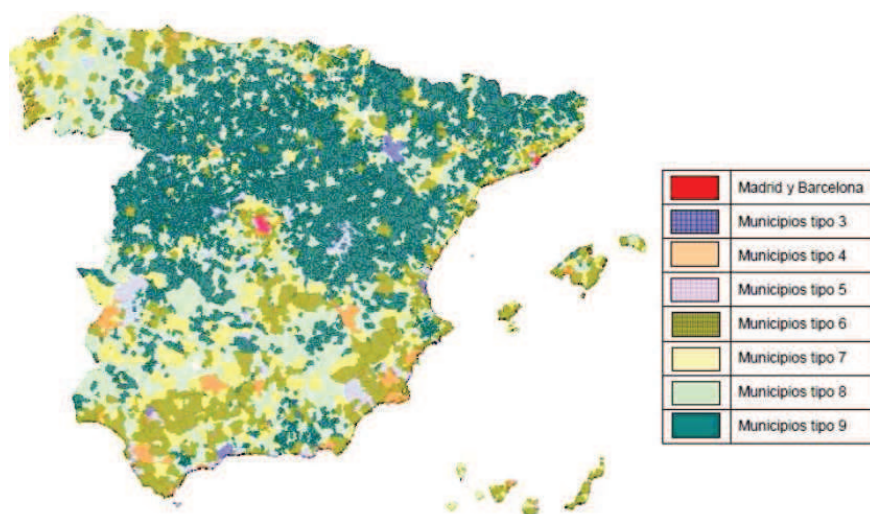


ILUSTRACIÓN 56 - GEOTIPOS DEL ESTUDIO DE LA CMT SOBRE DESPLIEGUE DE REDES FTTH/GPON EN ESPAÑA<sup>68</sup>

Volviendo a nuestro caso, si aplicáramos los criterios de Euroland al caso de España tendríamos lo siguiente:

Geotipo	Nº Clúster	Clientes potenciales por km <sup>2</sup>	Número total de clientes potenciales	% clientes potenciales por clúster	Número de MDF (Main Distribution Frame)	Clientes potenciales por MDF	Tirada media de fibra por cliente (metros)	Porcentaje de despliegue aéreo de cable
Urbano (denso)	1	4000	5.934.812	23,0%	232	25564	2.4	0%
Urbano	2	1600	3.496.765	13,6%	272	12879	5.4	0%
Poco Urbano	3	800	3.056.749	11,8%	291	10500	7.8	10%
Suburbano (denso)	4	470	2.556.437	9,9%	347	7366	10.2	20%
Suburbano	5	280	2.097.025	8,1%	258	8120	13.1	30%
Suburbano(poco denso)	6	150	2.515.077	9,8%	351	7168	17.4	40%
Rural (denso)	7	60	2.479.244	9,6%	813	3048	28.6	60%
Rural	8	<60	3.659.465	14,2%	2.640	1386	55.1	60%
			<b>25.795.574</b>	<b>100%</b>	<b>5.204</b>			

TABLA 13 - GEOTIPOS EN ESPAÑA

Este cuadro se obtiene de la siguiente manera:

- Datos de densidad calculados a partir de datos del INE.
- Reparto de población por clúster de acuerdo a criterios de *Euroland*.
- Número total de clientes calculado según población por clúster, ponderado según proporción *Euroland* (21.865.060 clientes / 40.000.000 habitantes).
- Número de clientes por MDF calculado según valores de clientes potenciales por MDF del modelo *Euroland*.

68

[http://www.cmt.es/c/document\\_library/get\\_file?uuid=1f1abb96-6c08-4068-bf92-b697f164a03b&groupId=10138](http://www.cmt.es/c/document_library/get_file?uuid=1f1abb96-6c08-4068-bf92-b697f164a03b&groupId=10138)

- La tirada media de fibra por cliente en cada clúster se ha considerado similar a *Euroland*.

A primera vista se puede ver que la distribución de la población en España es más extrema que la de *Euroland*, con la población concentrándose en zonas muy densamente pobladas, o bien repartida en zonas rurales, de baja densidad de población. En *Euroland* encontramos una mayor proporción de población en los clústers intermedios.

Respecto a la fiabilidad del modelo propio utilizado, se fundamenta por supuesto en el estudio original considerado. Tras haber compuesto una aproximación al modelo de costes, y tomado como datos de entrada los de *Euroland* se puede estimar adecuadamente la fidelidad de la reconstrucción realizada. En este sentido, sirva el siguiente cuadro como comparativa de la precisión obtenida con el modelo propio:

Cluster		Estudio original		Aproximación		Diferencia Aproximación/Original	
		Inversión total	Inversión por cliente y mes	Inversión total	Inversión por cliente y mes	Inversión total	Inversión por cliente y mes
1	Inversión total	1.635.576.824 €	29,85 €	1.725.749.551 €	29,61 €	5,5%	-0,8%
	Drop	632.759.654 €	6,77 €	627.238.304 €	6,77 €	-0,9%	0,0%
	Feeder	88.415.780 €	0,95 €	88.392.430 €	0,95 €	0,0%	0,0%
2	Inversión total	2.561.995.131 €	34,17 €	2.655.353.444 €	33,96 €	3,6%	-0,6%
	Drop	1.298.246.556 €	11,33 €	1.271.105.784 €	11,19 €	-2,1%	-1,2%
	Feeder	138.607.451 €	1,21 €	145.036.553 €	1,28 €	4,6%	5,8%
3	Inversión total	3.641.411.420 €	38,19 €	3.752.815.871 €	37,60 €	3,1%	-1,5%
	Drop	2.026.707.904 €	14,86 €	1.990.773.120 €	14,33 €	-1,8%	-3,6%
	Feeder	237.302.416 €	1,69 €	246.490.927 €	1,77 €	3,9%	4,7%
4	Inversión total	2.712.437.661 €	37,73 €	2.940.403.972 €	37,72 €	8,4%	0,0%
	Drop	1.385.532.510 €	13,51 €	1.506.117.181 €	13,91 €	8,7%	3,0%
	Feeder	250.087.722 €	2,29 €	252.788.594 €	2,33 €	1,1%	1,7%
5	Inversión total	3.791.423.651 €	43,02 €	3.891.946.447 €	43,01 €	2,7%	0,0%
	Drop	2.124.752.586 €	18,30 €	2.101.746.371 €	18,31 €	-1,1%	0,1%
	Feeder	383.114.208 €	2,94 €	380.838.023 €	2,95 €	-0,6%	0,3%
6	Inversión total	4.987.532.900 €	46,21 €	5.220.501.439 €	46,74 €	4,7%	1,1%
	Drop	2.819.303.502 €	20,59 €	2.896.894.730 €	20,77 €	2,8%	0,9%
	Feeder	607.049.450 €	3,83 €	611.293.762 €	3,90 €	0,7%	1,8%
7	Inversión total	8.759.808.578 €	57,77 €	8.942.958.799 €	58,15 €	2,1%	0,7%
	Drop	4.907.022.551 €	28,36 €	4.929.663.780 €	28,45 €	0,5%	0,3%
	Feeder	1.556.312.538 €	6,79 €	1.530.457.814 €	6,73 €	-1,7%	-0,9%
8	Inversión total	11.862.013.592 €	92,44 €	11.969.200.234 €	92,57 €	0,9%	0,1%
	Drop	7.379.700.453 €	53,56 €	7.383.251.716 €	53,53 €	0,0%	-0,1%
	Feeder	2.601.283.443 €	14,24 €	2.606.439.690 €	14,40 €	0,2%	1,1%

TABLA 14 - COMPARATIVA ENTRE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO ORIGINAL Y LA APROXIMACIÓN REALIZADA

Se pueden comparar los resultados de la aproximación con mayor detalle en los cuadros del apéndice 1.

La arquitectura considerada corresponde a un despliegue FTTH P2P, cuyas características principales ya hemos presentado. Se ha optado por esta modalidad de

despliegue por ser la más potente en cuanto a prestaciones: cada usuario dispone de su propia fibra. Además, el estudio de la CMT mencionado anteriormente se fundamentaba en un despliegue GPON, por lo que parecía más interesante simular la explotación de la variante P2P.

Habiendo presentado el estudio, pasaremos a analizar los resultados de la simulación en cada uno de los 8 escenarios. Las gráficas presentadas a continuación corresponden a costes por mes y usuario.



## 9.5 RESULTADOS

### CLUSTER 1 (ESCENARIO URBANO DENSO)

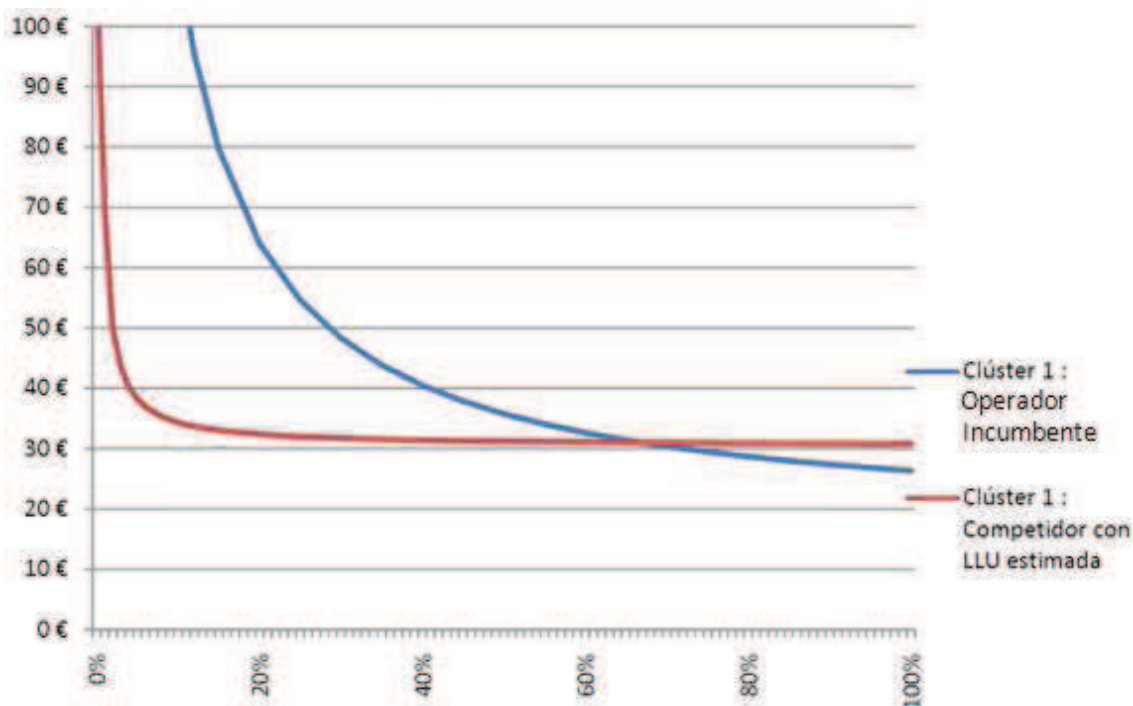


ILUSTRACIÓN 57 - CLÚSTER 1: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).

En esta primera gráfica comparamos los resultados de costes por cliente y mes para un operador incumbente que afronta un despliegue eficiente de fibra, con los de un competidor entrante que paga por el desagregado del bucle la cifra estimada por nuestro estudio (el coste del desagregado considera que el incumbente realiza un despliegue eficiente y consigue un 70% de penetración entre los usuarios potenciales). Además de esa tarifa fija, el operador entrante debe afrontar los otros costes derivados de su red. Los costes del operador entrante decrecen mucho más rápidamente que los del operador incumbente, alcanzando un valor estable de alrededor de 30€ de forma muy rápida (con poca cuota de mercado). Los costes del operador entrante son en este caso la suma de un valor fijo (el cargo por desagregación) además del coste variable que depende de la cuota de mercado (el coste por cliente aumentará al disminuir el número de clientes, es decir, al disminuir la cuota de mercado).

Los costes del incumbente no llegan a estabilizarse y son mayores que los del operador entrante en cuotas de mercado por debajo de casi el 70%. Esto es razonable si tenemos en cuenta que el operador incumbente debe afrontar el despliegue completo,

sea cual sea el nivel de suscripción a esta tecnología por parte de los clientes potenciales, lo que explica el rápido decrecimiento del coste por usuario y mes al incrementar la cuota de mercado.

Ambas gráficas se cortan en torno al 70% de cuota de mercado. Este resultado es lógico, pues hay que considerar que a una cuota alta (como el 70%) el principal coste de un operador entrante es el cargo por desagregación del bucle, cuyo origen hemos fijado en el coste eficiente que debe afrontar un operador con una cuota de -precisamente- el 70%. De ahí que el corte entre ambas gráficas esté cerca de ese nivel de cuota. Posteriormente podremos comprobar cómo este fenómeno se produce en el resto de los clústers.

Debemos tener en cuenta que la curva de costes del operador entrante propuesta en esta simulación (cargo por desagregación simulado para este clúster concreto –el más denso-) no tiene una aplicación directa en la realidad, puesto que el coste eficiente que debe afrontar el operador incumbente que cede el desagregado de la fibra debe tener en cuenta el coste global, lo que considerará a otros clústers, no solo al más denso (resulta lógico pensar que el despliegue de fibra implica un menor coste por usuario cuanto más denso sea el clúster en cuestión).

Se corresponde más con la realidad la siguiente simulación:

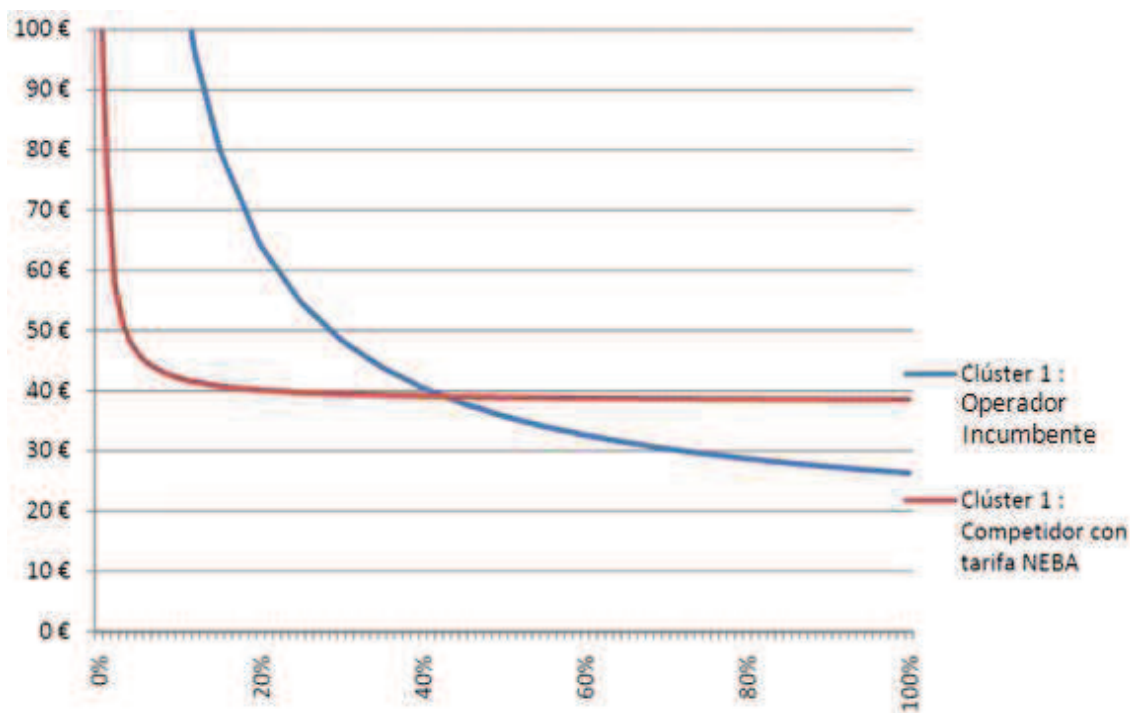


ILUSTRACIÓN 58 - CLÚSTER 1: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA.



En esta gráfica nuevamente representamos los costes por cliente que afronta un operador incumbente que despliega fibra a todos los clientes potenciales del clúster 1, pero en esta ocasión la cifra de costes por mes y usuario del operador entrante considera la tarifa NEBA como coste del desagregado. La tarifa NEBA es la tarifa impuesta por la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones como la cantidad que un operador entrante debe pagar (por cada usuario) al operador incumbente, en concepto de acceso al cliente final a través de fibra. Este valor se estima en base a los costes que el operador incumbente debe afrontar si despliega y gestiona su red de forma eficiente. Este valor (23,22 € por usuario) es menor a la obtenida mediante simulación en el clúster 1, y es por ello que la gráfica es exactamente la misma, pero desplazada hacia arriba, es decir, con un incremento constante del coste en todo el rango de cuota de mercado. En este caso el coste por mes y usuario que debe afrontar el operador entrante queda, en su parte estable, por debajo de los 40 €,

Llegados a este punto –trabajando con valores reales como es la tarifa NEBA– es donde debemos considerar el ARPU que puede esperar un operador que decida entrar en el mercado. En este sentido y atendiendo a los resultados de la simulación podemos decir que un ARPU de 40€ es lo mínimo que debe tener un operador entrante al mercado si su forma de acceso es mediante la tarifa NEBA. Esto le supone tener que afrontar el compromiso de conseguir una cuota de mercado de más del 20% para hacer viable su entrada al mercado.

Si el mercado permite una ARPU mayor, vemos que la cuota crítica de entrada se reduce muchísimo –un ARPU de 50 € permite hacer viable a un operador con tan solo un 4-5% de cuota de mercado–.

En el caso del operador incumbente vemos que un ARPU de 40€ haría viable la inversión con un 40% de cuota de mercado. A partir de este momento, y debido al rápido decrecimiento de los costes, los beneficios aumentan rápidamente al aumentar la cuota de mercado. Este fenómeno no sucede con el operador entrante, ya que sus costes fijos por usuario vienen muy marcados por la tarifa NEBA.

Hemos mencionado que el cargo estimado (simulado) por el desagregado y la tarifa oficial de desagregado son ambas tarifas constantes, independientemente del índice de penetración. La diferencia puede verse en la diferencia (constante) entre las dos curvas siguientes:

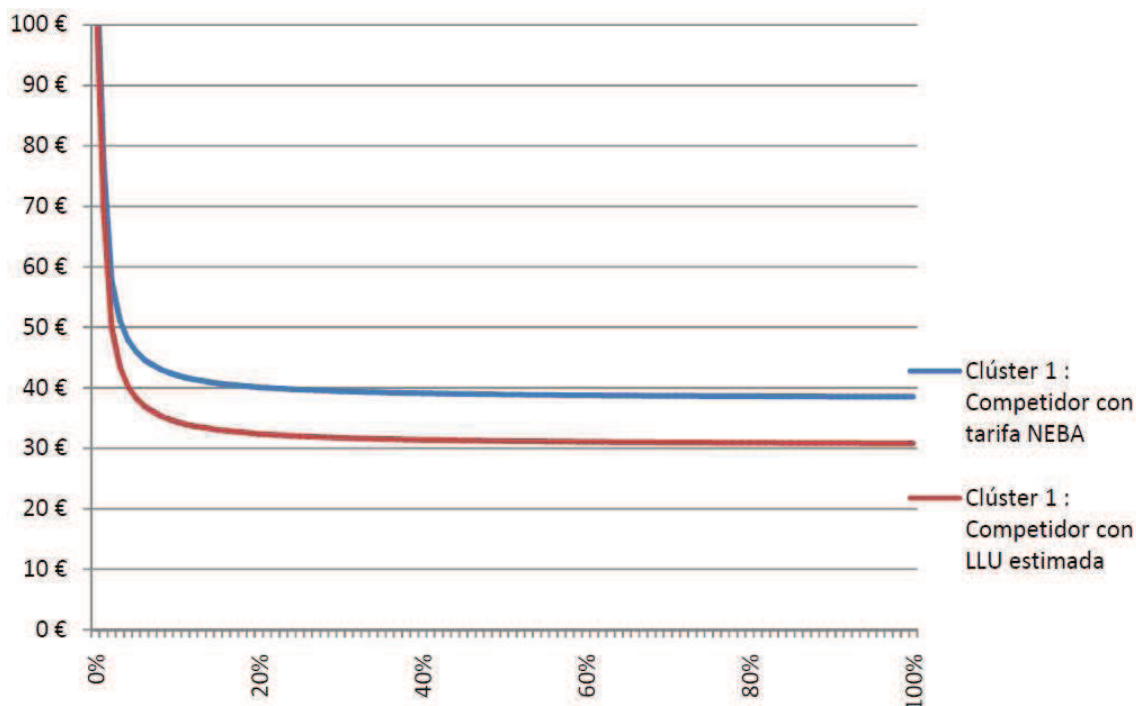


ILUSTRACIÓN 59 - CLÚSTER 1: COSTES POR MES Y USUARIO DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).

Podemos comprobar cómo la tarifa NEBA es bastante más alta que el coste eficiente simulado. De acuerdo a estos resultados, se podría concluir que el operador incumbente obtiene un beneficio de desagregar el bucle instalado. Por supuesto, hay que considerar que este beneficio es únicamente para este clúster, el más denso, y que como veremos más adelante esta diferencia se reducirá en zonas menos densas, llegando a ser claramente desfavorable para el mayorista en los clústers de menor densidad. Hay que tener en cuenta que al establecer una tarifa constante por el desagregado, se ha de considerar el mercado en su totalidad, siendo el estudio de costes de la gráfica anterior muy limitado en su cobertura, además del más favorable para el operador incumbente en cuanto a beneficio percibido por tarifa de desagregado (como veremos más adelante, el coste estimado de desagregado crece al considerar clústers de menor densidad de usuarios).

Cabe esperar la posibilidad de que un operador entrante decida desplegar por sí mismo una red de acceso de fibra, especialmente en el clúster más denso. Este despliegue deberá afrontar unos costes que, comparados con los que afronta el operador incumbente, quedan como sigue:

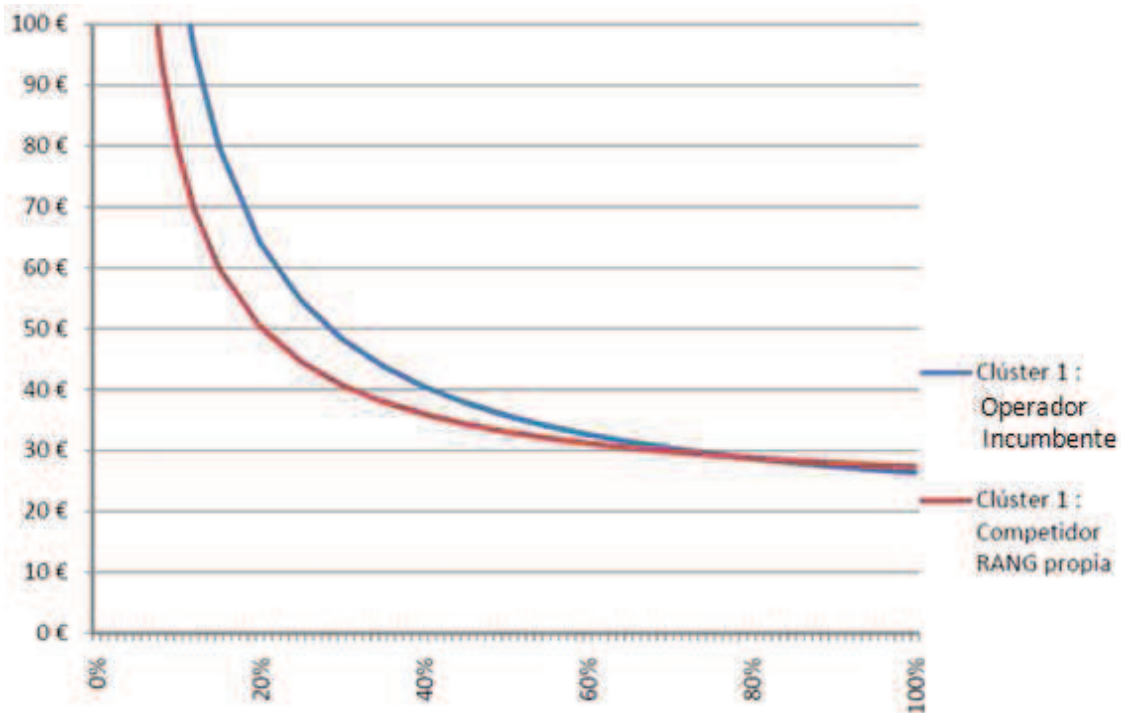


ILUSTRACIÓN 60 - CLÚSTER 1: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE DESPLIEGA RED DE ACCESO PROPIA.

Los costes de despliegue del operador entrante se muestran ligeramente más baratos que los del incumbente a lo largo de casi todo el rango de cuota de abonados. Esto es debido, y así ha sido considerado en el estudio, a que el nuevo operador realizará un despliegue selectivo de su red. De esta forma, se ha considerado como cuota de penetración del operador que despliega una nueva red al porcentaje de usuarios que se suscriben a la red de entre los que tienen acceso a ella (es decir, los vecinos que habitan en el ámbito de despliegue del entrante con red propia, esto es, vecinos que tienen acceso a esta red) en lugar de considerar a todos los potenciales usuarios a los que sí llega el incumbente pero no el nuevo entrante.

Se puede observar que a cuotas por encima del 80% el coste por mes y usuario del operador incumbente llega a ser menor que el del entrante. Esto es debido a que se ha considerado que ciertos gastos fijos (coste fijo de gestión) son menores para el incumbente que para cualquier entrante.

En la siguiente gráfica se pueden comprobar las diferencias en la curva de costes entre dos opciones: partir de una instalación de una red eficiente y de amplio despliegue (la del incumbente, a la que se accede a través del cargo LLU) o desplegar la propia red.

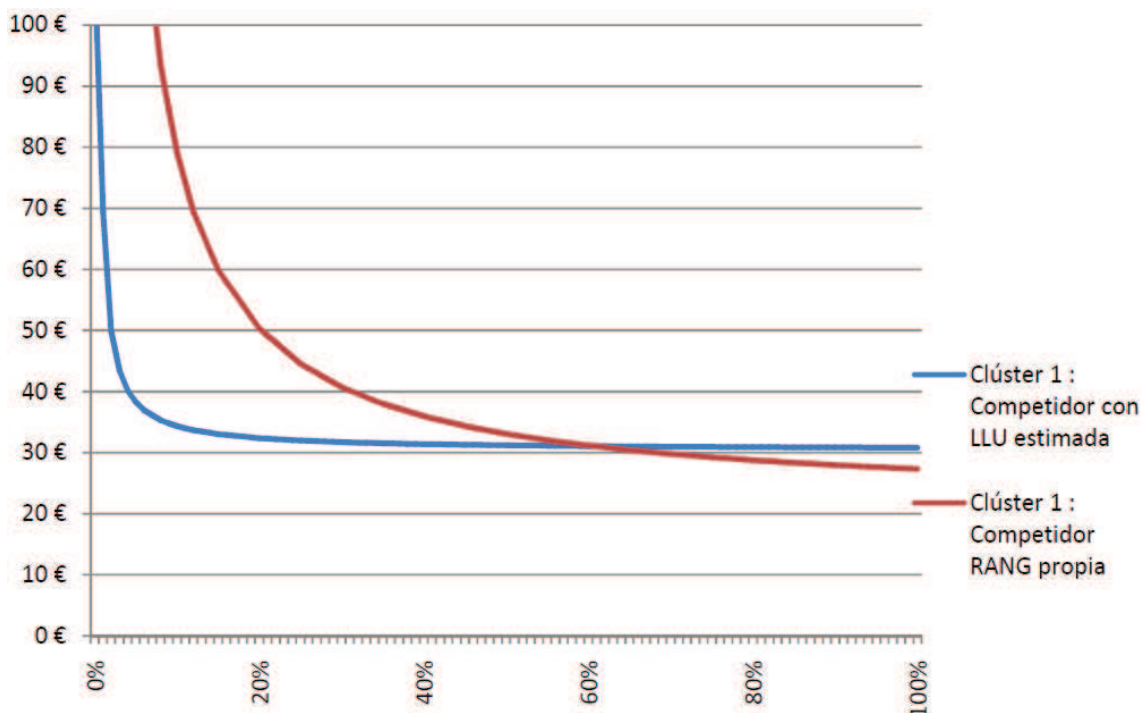


ILUSTRACIÓN 61 - CLÚSTER 1: COSTES POR MES Y USUARIO DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO) Y DE UN OPERADOR QUE DESPLIEGA RED DE ACCESO PROPIA.

En primer lugar podemos destacar el comportamiento prácticamente plano del acceso por cargo de LLU (costes estimados) a partir de cierta cuota de mercado, a diferencia del despliegue de una red propia, que tiene un descenso más pronunciado.

A la vista de esta gráfica, no se justifica el despliegue de una red propia, pues el beneficio respecto a acceder mediante tarifa LLU es mínimo y exige altas cuotas de mercado, es decir, casi con toda probabilidad resultará más caro que acceder a un bucle desagregado. Con cuotas de mercado por debajo de aproximadamente el 60% el competidor solo puede esperar que el despliegue de una red propia le resulte bastante más caro que acceder al usuario a través de la red del incumbente.

La situación es distinta si en lugar de un cargo LLU estimado a partir de la simulación y para este clúster concreto (el 1) consideramos que el acceso desagregado se produce a través de la oferta NEBA fijada por la CMT (cargo fijo de 23,22€). En este caso y al ser la tarifa NEBA sustancialmente más cara que el coste eficiente estimado para el clúster 1, nos encontramos que el despliegue de una red propia resulta atractivo para cuotas de mercado que aún se pueden considerar razonables. Estos resultados los podemos ver en la gráfica siguiente, en la que podemos comprobar que comienza a resultar atractivo desplegar red propia a partir de un 30% de penetración entre los potenciales usuarios sobre los que se despliega esa red.

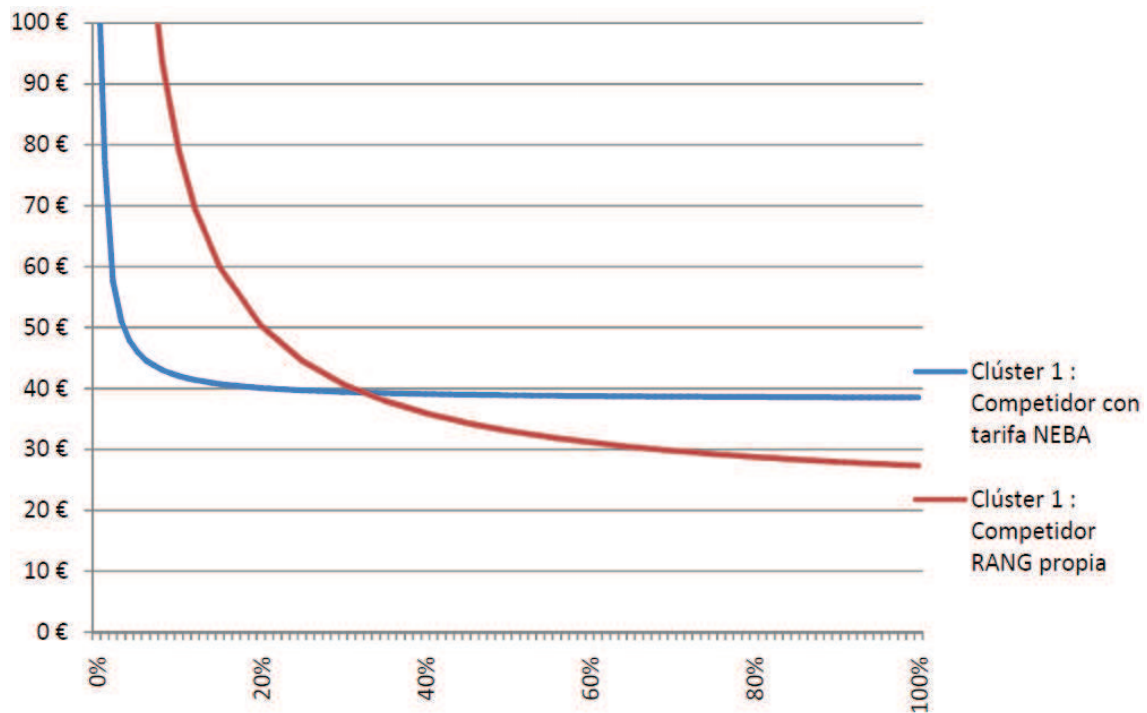


ILUSTRACIÓN 62 - CLÚSTER 1: COSTES POR MES Y USUARIO DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA Y DE UN OPERADOR QUE DESPLIEGA RED DE ACCESO PROPIA.

## CLUSTER 2 (ESCENARIO URBANO)

Veremos a continuación los resultados de la simulación para el clúster 2 (geotipo urbano).

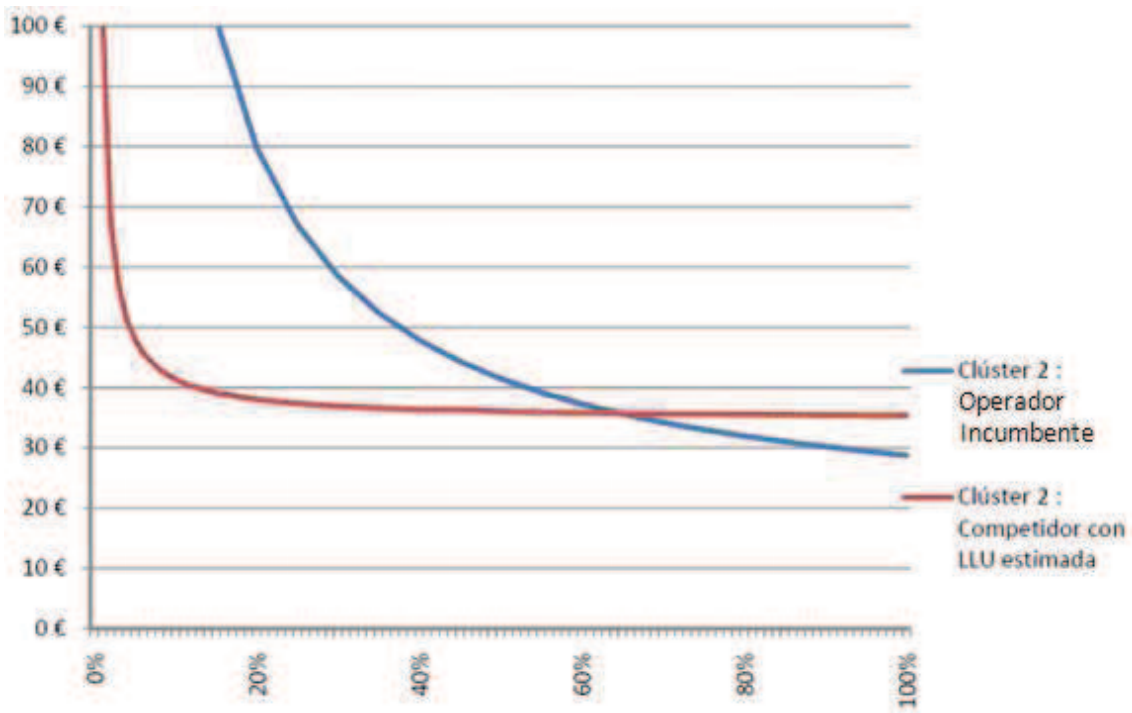


ILUSTRACIÓN 63 - CLÚSTER 2: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).

Podemos ver que para el clúster 2 el coste eficiente de ofrecer un desagregado de fibra aumenta respecto al clúster 1 (unos 5 € aproximadamente). Veremos que este fenómeno se repite sucesivamente en los clústers; a menor densidad, mayor es el coste por usuario y mes. Nuevamente vemos que el corte de las dos gráficas se produce cerca de la cuota del 70%.

Enfocando el tema de los costes del operador entrante de una forma más real, es decir, considerando la tarifa NEBA recientemente aprobada (23,22€ por mes y usuario) la comparativa de los competidores incumbente y entrante queda como sigue:

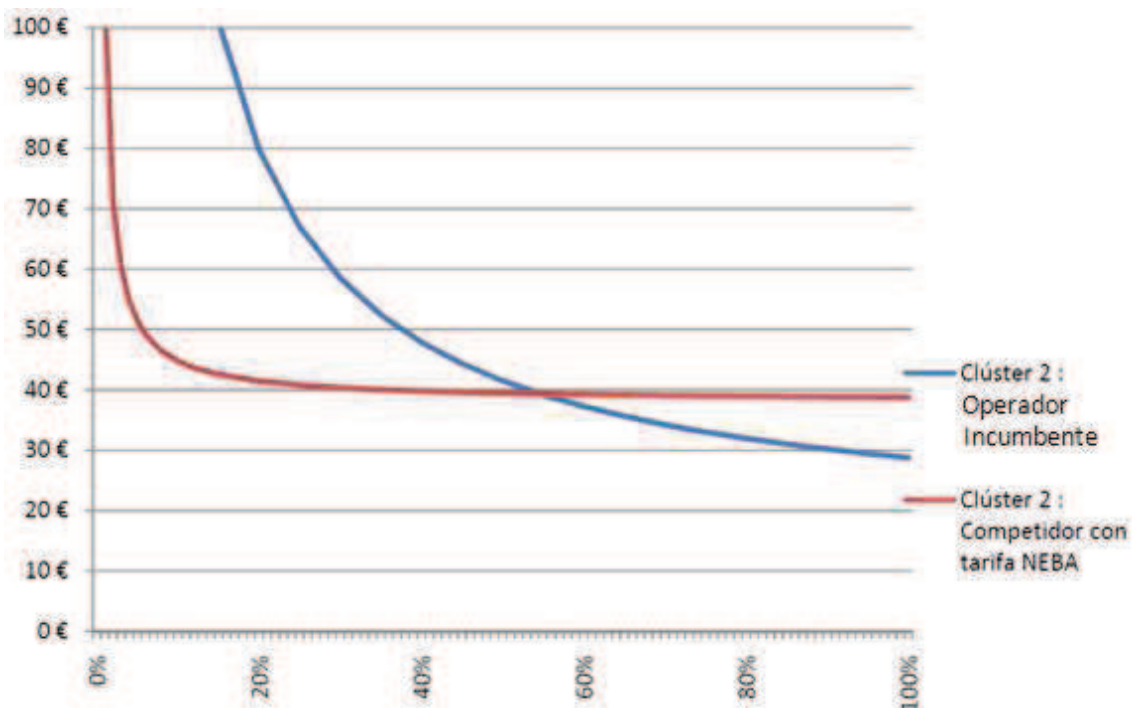


ILUSTRACIÓN 64 - CLÚSTER 2: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA.

Se puede comprobar que los costes de un operador que se acoge a la tarifa NEBA en el clúster 2 son más altos que los que sería lógico aplicar si consideráramos un despliegue eficiente por parte del incumbente solo en ese clúster. Esta comparación es directa en la siguiente gráfica:

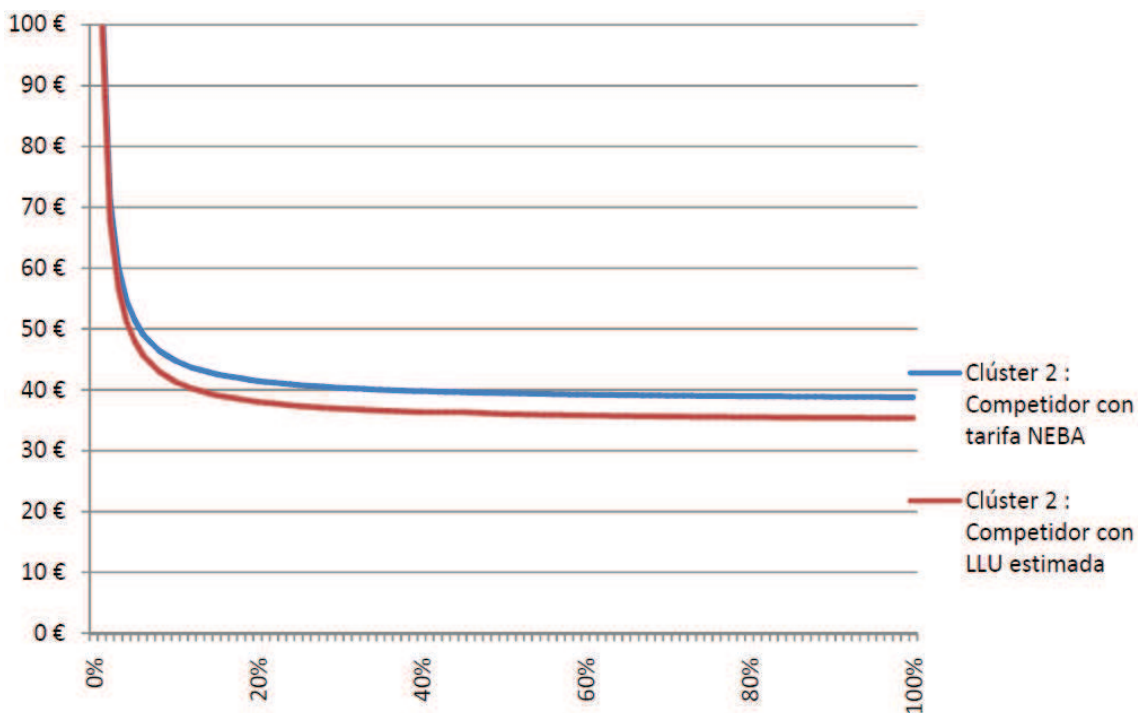


ILUSTRACIÓN 65 - CLÚSTER 2: COSTES POR MES Y USUARIO DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).



Esta gráfica da a entender que, atendiendo a los resultados de la simulación, el operador incumbente dispone de cierto margen de beneficio ofreciendo un acceso al bucle con la tarifa NEBA (23,22€). En cualquier caso, esta diferencia es menor que en el clúster 1.

Siendo un geotipo urbano, y tal y como consideramos para el clúster más denso, cabe esperar que algún operador se proponga desplegar su propia red de fibra (habiendo desplegado fibra ya en las zonas más ventajosas del clúster inmediatamente más denso, se entiende). Según la simulación, su curva de costes, en comparación con la del operador incumbente queda como sigue:

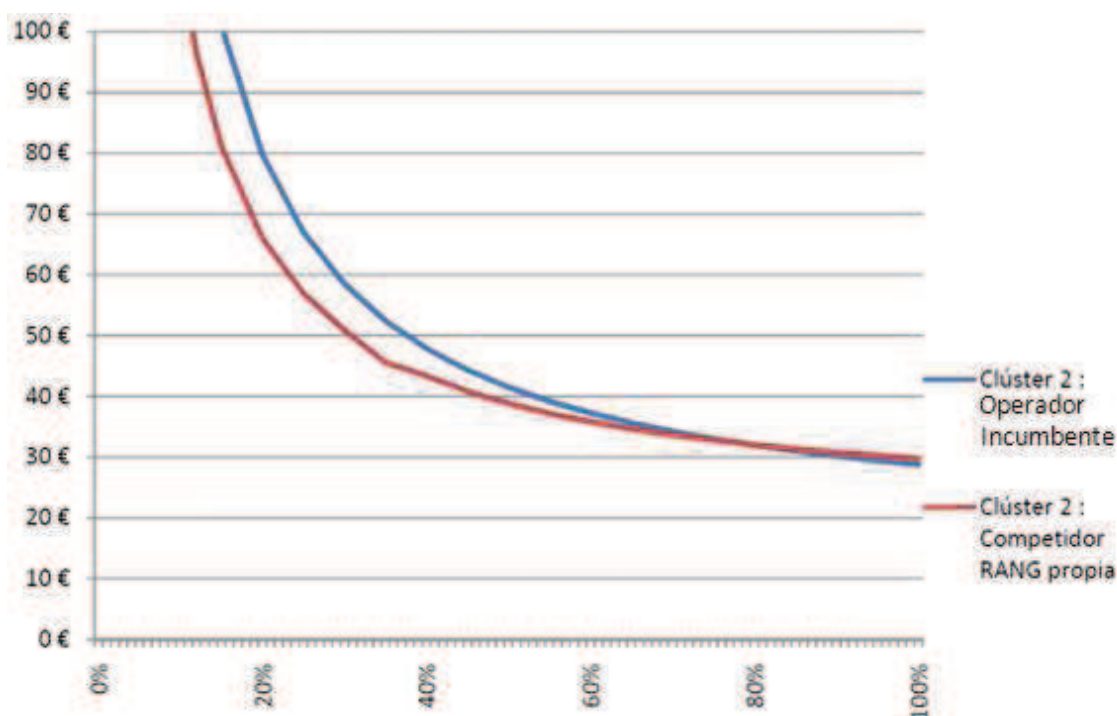


ILUSTRACIÓN 66 - CLÚSTER 2: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE DESPLIEGA RED DE ACCESO PROPIA.

Remarcar, tal y como hicimos en la gráfica equivalente del clúster anterior, que la cuota de mercado del operador que despliega su propia red de acceso de nueva generación (RANG) se refiere al porcentaje de usuarios suscritos tomando como base el total de los usuarios alcanzados por la nueva red (y no sobre el total de los usuarios potenciales). Eso sigue explicando la diferencia a favor del operador que despliega la nueva red sobre el operador incumbente; en el primer caso el despliegue se realiza solo sobre zonas cuidadosamente escogidas, mientras que en el caso del incumbente se considera un despliegue sobre todo el clúster, independientemente del nivel de suscripción esperado en cada una de las zonas.

El coste por mes y usuario solo será menor que el que podría ofrecer el operador incumbente cuando la cuota de mercado alcanzada sea muy alta:

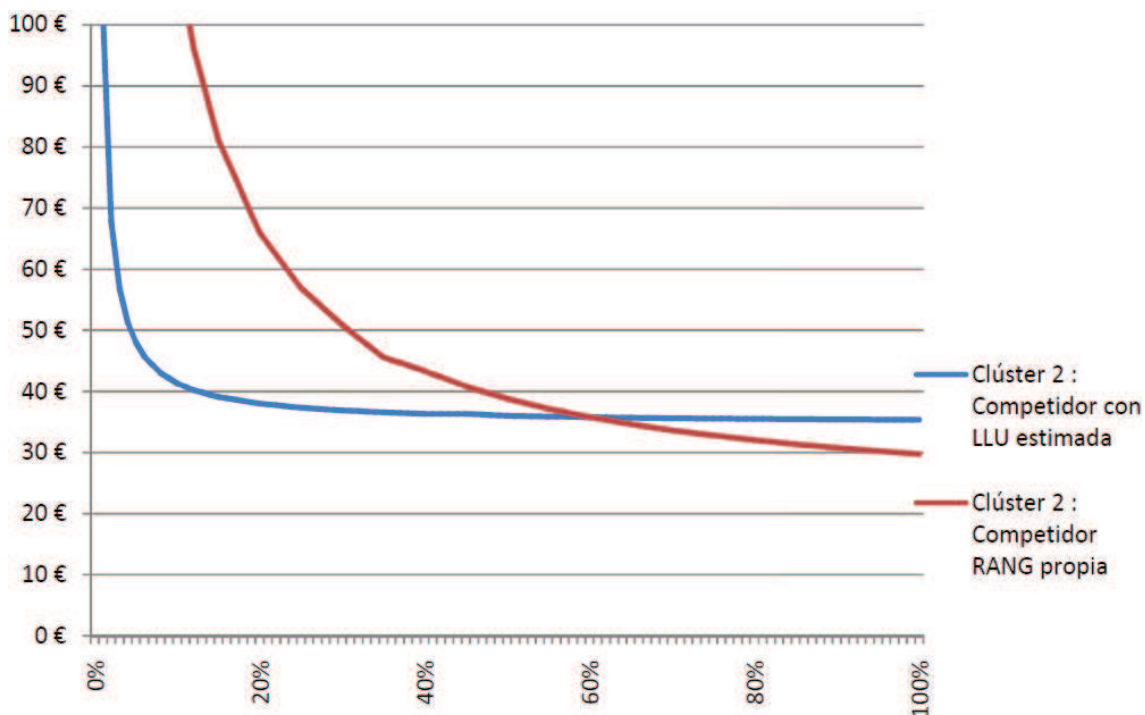


ILUSTRACIÓN 67 - CLÚSTER 2: COSTES POR MES Y USUARIO DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO) Y DE UN OPERADOR QUE DESPLIEGA RED DE ACCESO PROPIA.

Pero la realidad es otra, y el acceso al bucle se produce mediante una tarifa fija que tuvo en consideración todos los clústers, y no únicamente el que nos ocupa en este caso.

Tomando la tarifa NEBA como referencia para estudiar la viabilidad del despliegue de red propia en el clúster 2, se obtiene lo siguiente:

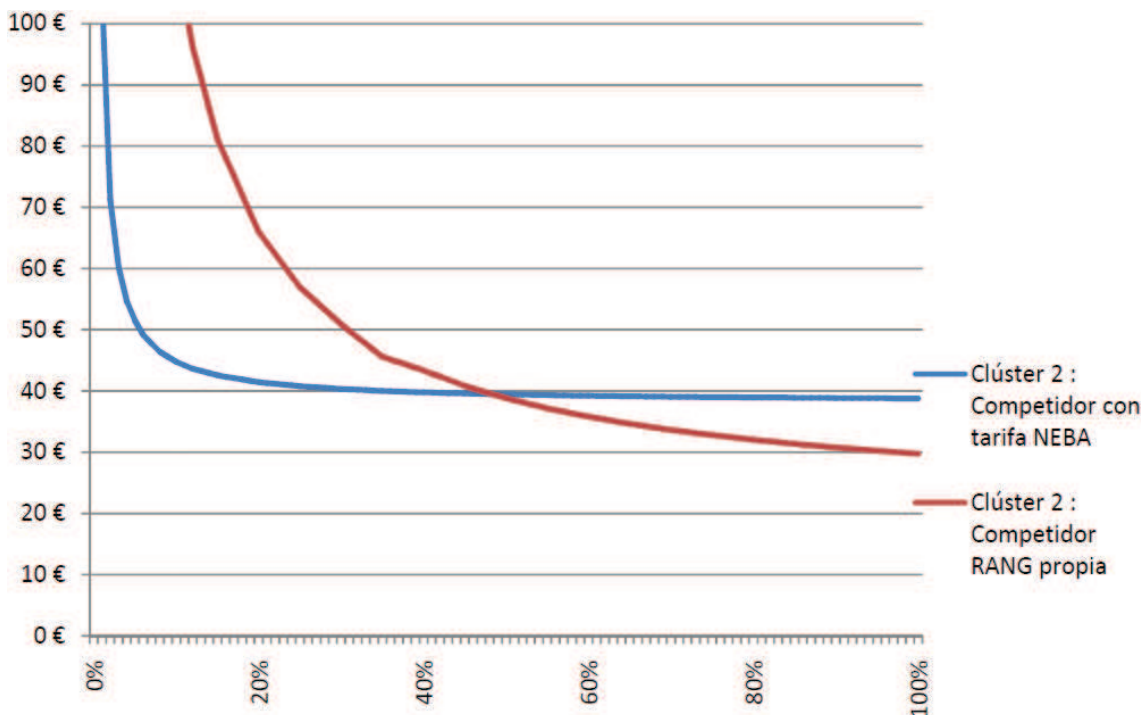


ILUSTRACIÓN 68 - CLÚSTER 2: COSTES POR MES Y USUARIO DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA Y DE UN OPERADOR QUE DESPLIEGA RED DE ACCESO PROPIA.

Que hace algo más ventajoso el despliegue de una red propia respecto a lo visto anteriormente; al ser la tarifa NEBA mayor que el coste estimado nos encontramos con que será más probable que un operador se plantee el despliegue de red propia para evitar la tarifa NEBA y reduciendo costes totales.

En este caso (clúster 2) vemos que empieza a ser rentable desplegar fibra propia en lugar de alquilarla si la cuota de suscripción alcanza un valor aproximado del 45%. Si comparamos este valor con el que obtuvimos para el clúster 1 (30%) vemos que la cuota de mercado necesaria para justificar la inversión en infraestructura propia sube rápidamente al bajar la densidad poblacional.

### CLUSTER 3 (ESCENARIO URBANO POCO DENSO)

Para el clúster 3 el coste objetivo del desagregado de fibra vuelve a subir unos 5 € aproximadamente, quedando en una cifra alrededor de 40 €. Seguimos viendo como el corte de las dos gráficas, costes del incumbente y coste estimado del desagregado, se vuelve a producir en una cuota cercana al 70%. Pese a que el corte se produce siempre en ese entorno de cuota de mercado, veremos la cuantía por mes y usuario es en general mayor cuando consideramos clústeres de menor densidad.

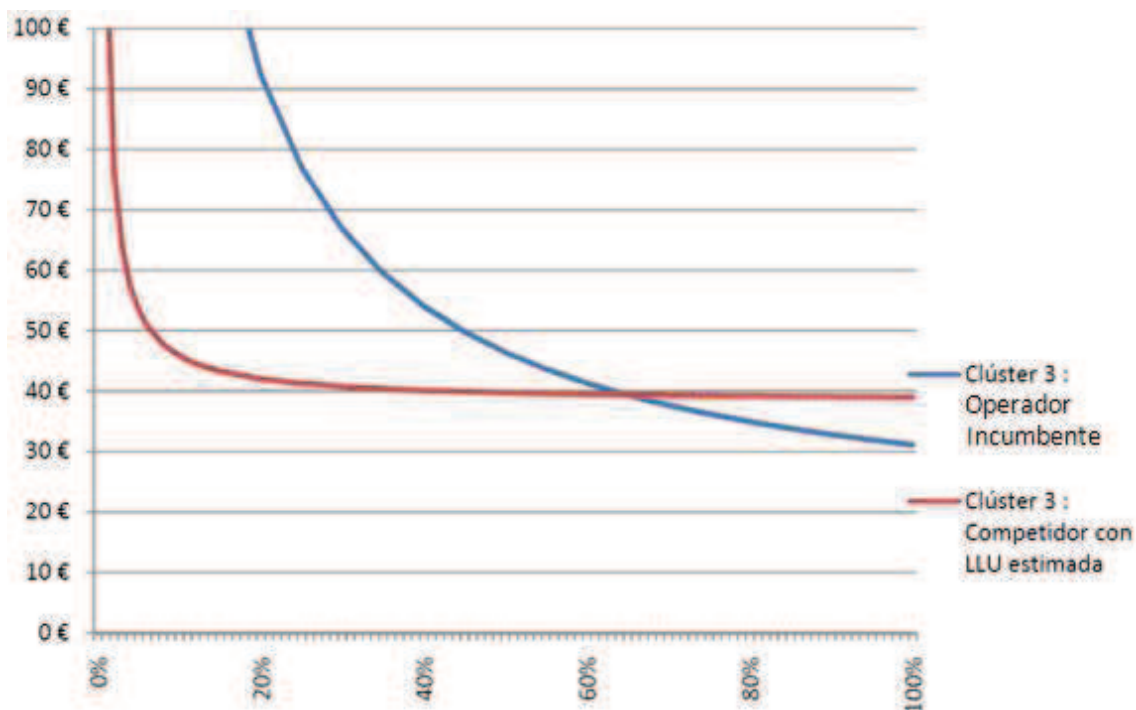


ILUSTRACIÓN 69 - CLÚSTER 3: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).

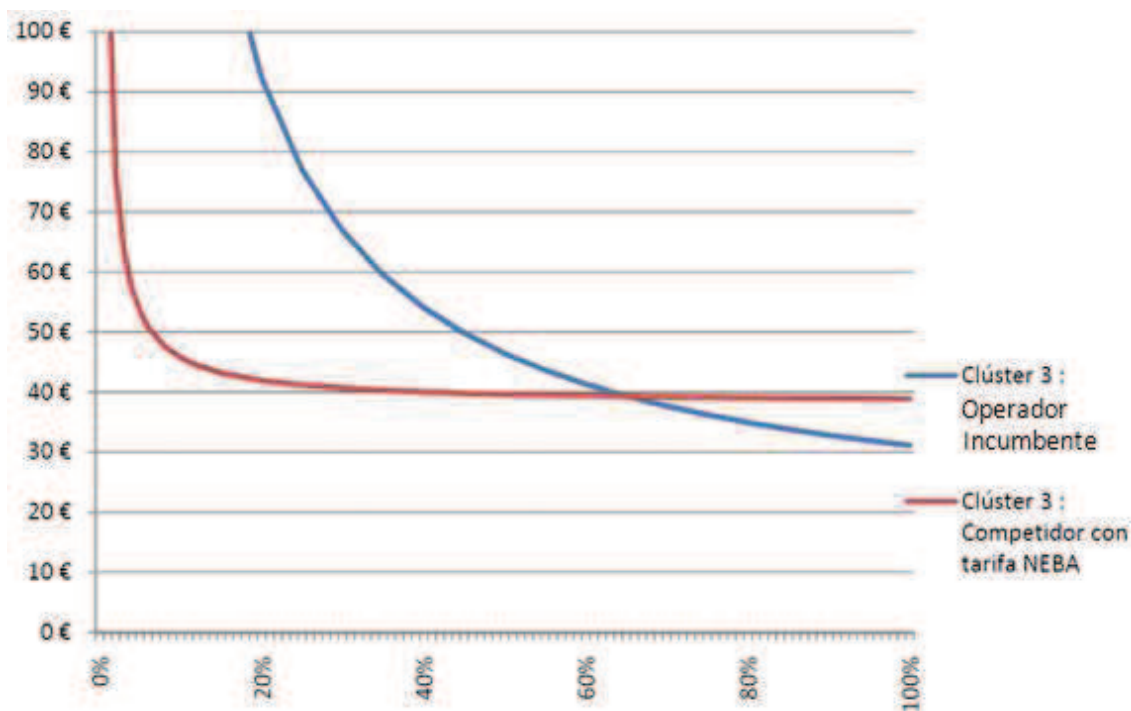


ILUSTRACIÓN 70 - CLÚSTER 3: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA.

Las siguientes curvas se superponen; el coste estimado del desagregado es coincidente con la tarifa NEBA:

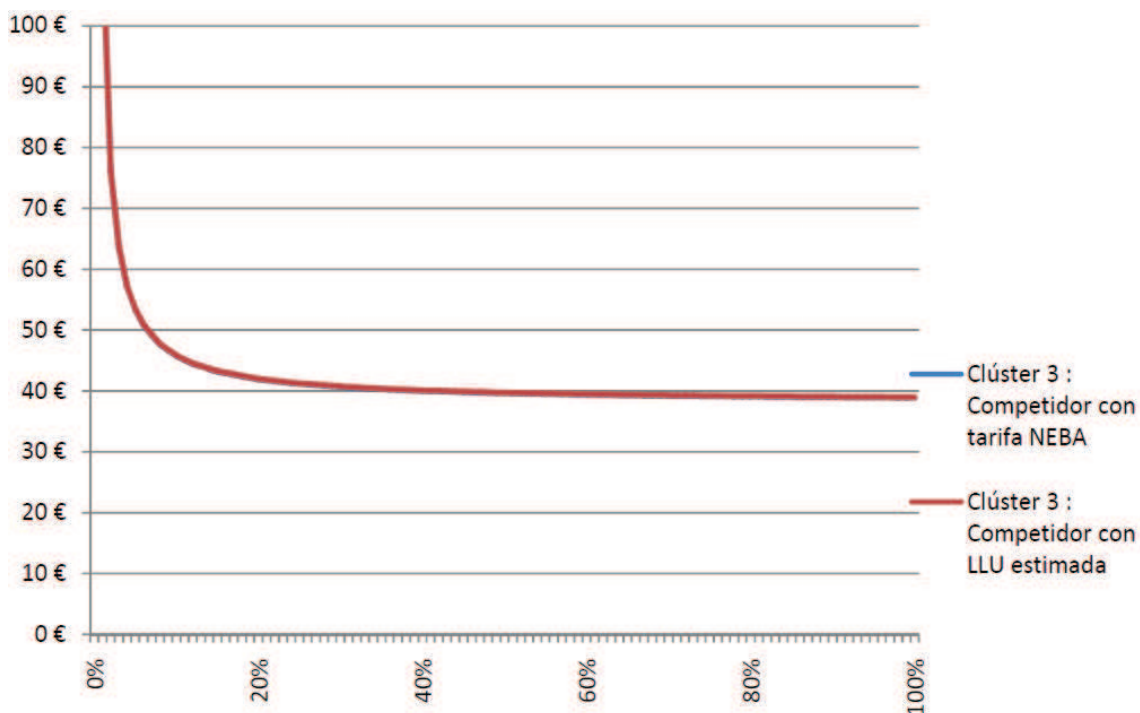


ILUSTRACIÓN 71 - CLÚSTER 3: COSTES POR MES Y USUARIO DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).

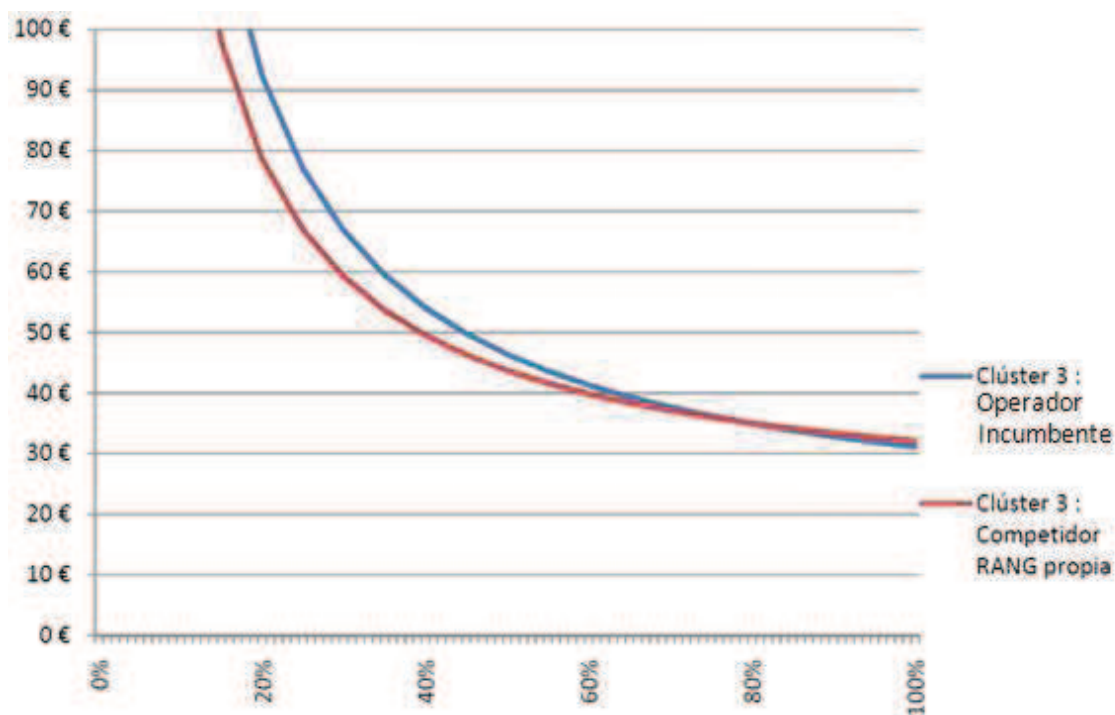


ILUSTRACIÓN 72 - CLÚSTER 3: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE DESPLIEGA RED DE ACCESO PROPIA.

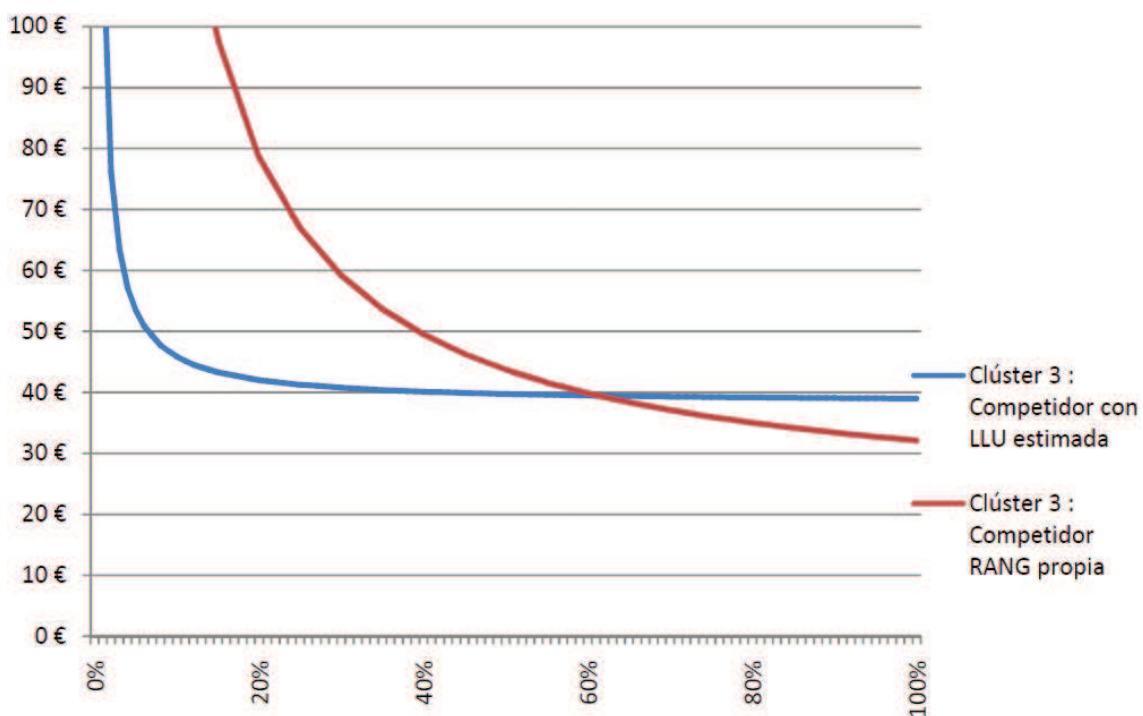


ILUSTRACIÓN 73 - CLÚSTER 3: COSTES POR MES Y USUARIO DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO) Y DE UN OPERADOR QUE DESPLIEGA RED DE ACCESO PROPIA.

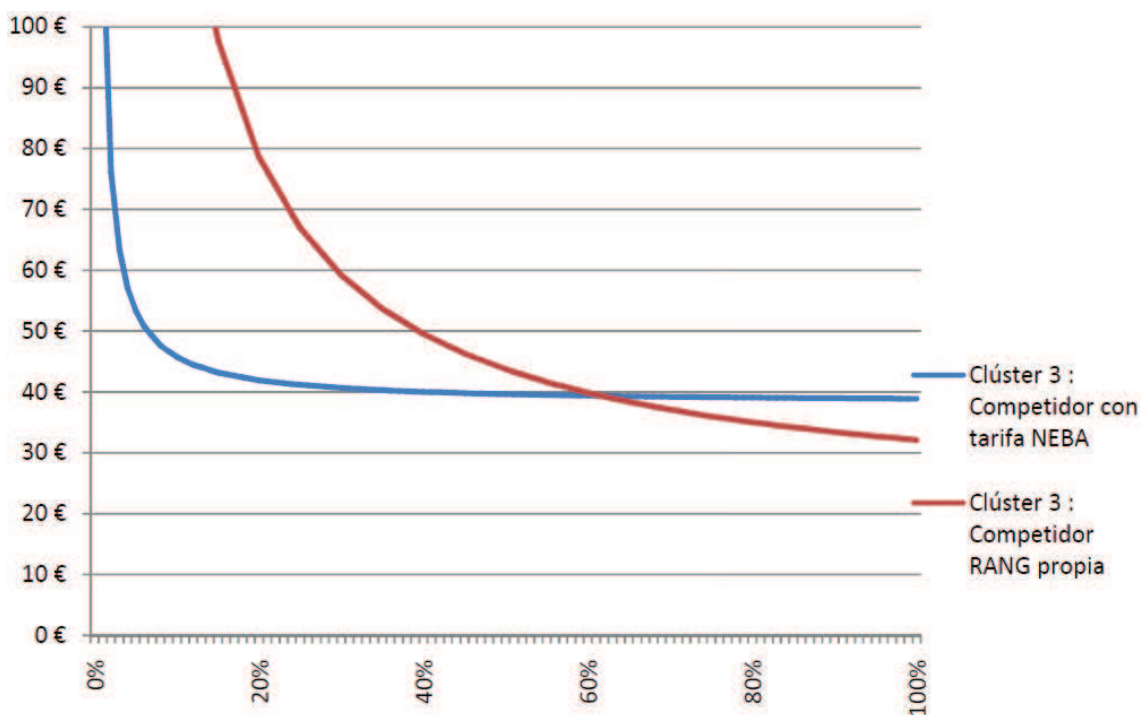


ILUSTRACIÓN 74 - CLÚSTER 3: COSTES POR MES Y USUARIO DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA Y DE UN OPERADOR QUE DESPLIEGA RED DE ACCESO PROPIA.

#### CLÚSTER 4 (ESCENARIO SUBURBANO DENSO)

En el cuarto clúster (geotipo “suburbano denso”) el coste estimado que sufre el operador por acceder al bucle desagregado aumenta respecto al clúster inmediatamente más denso, pero en menor cuantía que lo visto anteriormente para el resto de los geotipos. Veremos que los geotipos 3 y 4 (poco urbano y suburbano denso) presentan las curvas de coste más semejantes. Analizando el modelo de costes se puede entender que es entre estos dos modelos donde se compensan los aspectos más costosos de las zonas densas (zanjas más costosas, por ejemplo) con los aspectos que encarecen las zonas menos densas (como puede ser el mantenimiento del cable aéreo, más presente en las zonas de menor densidad).

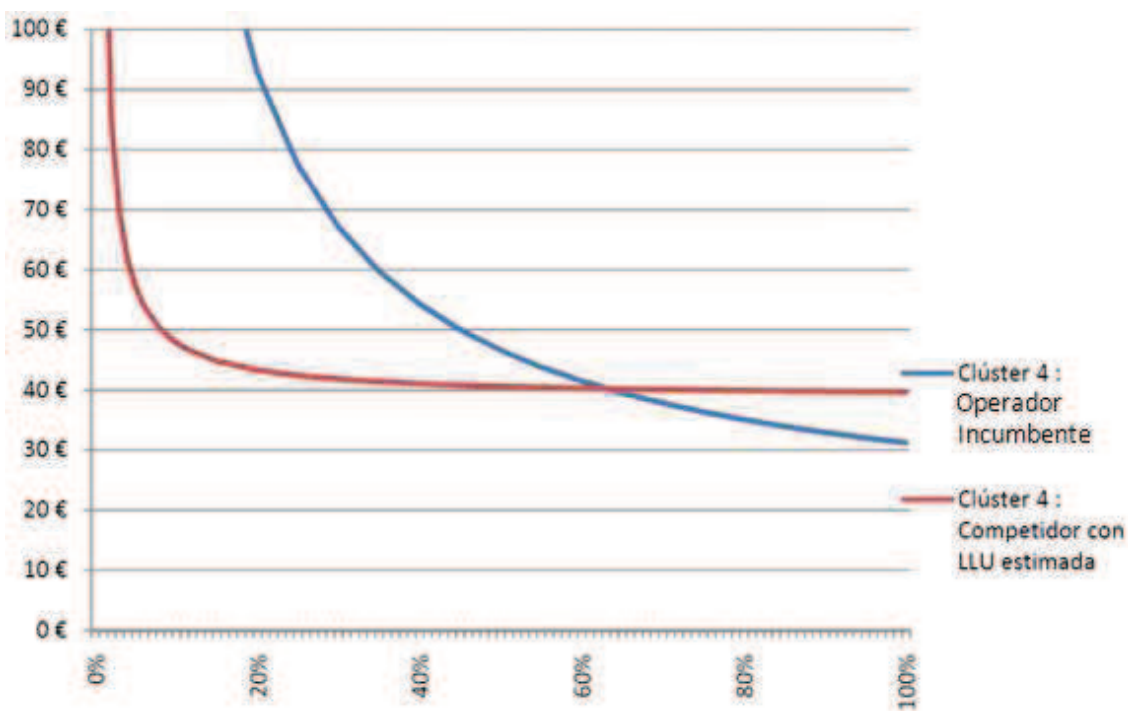


ILUSTRACIÓN 75 - CLÚSTER 4: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).



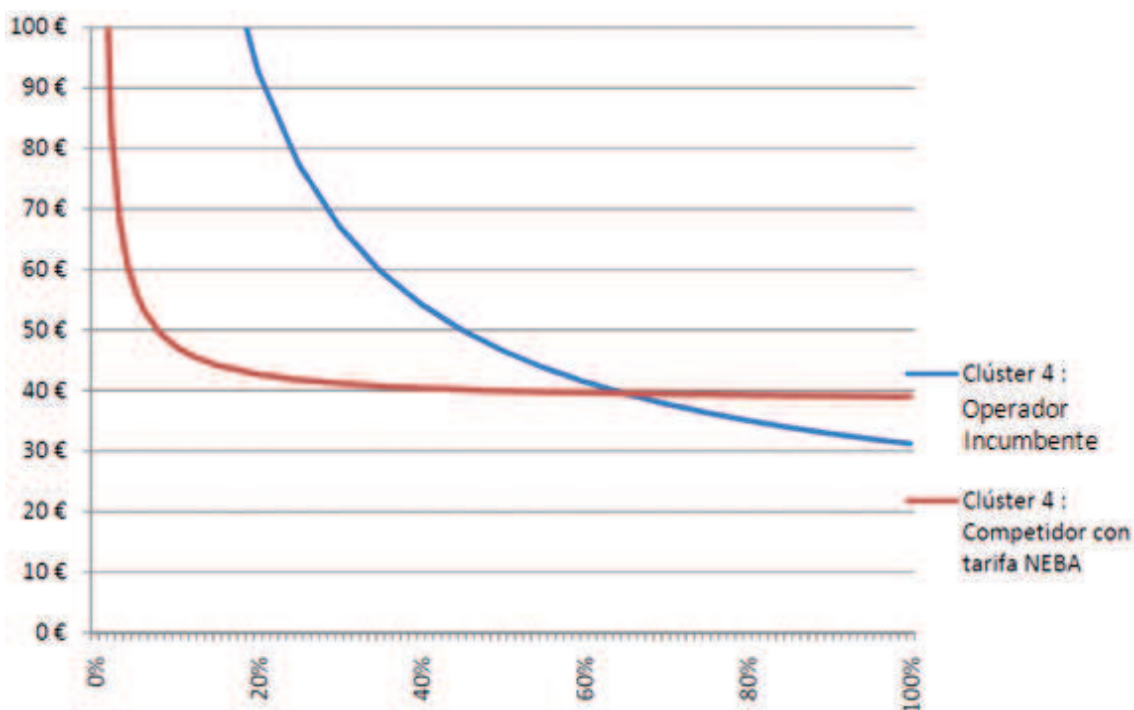


ILUSTRACIÓN 76 - CLÚSTER 4: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA.

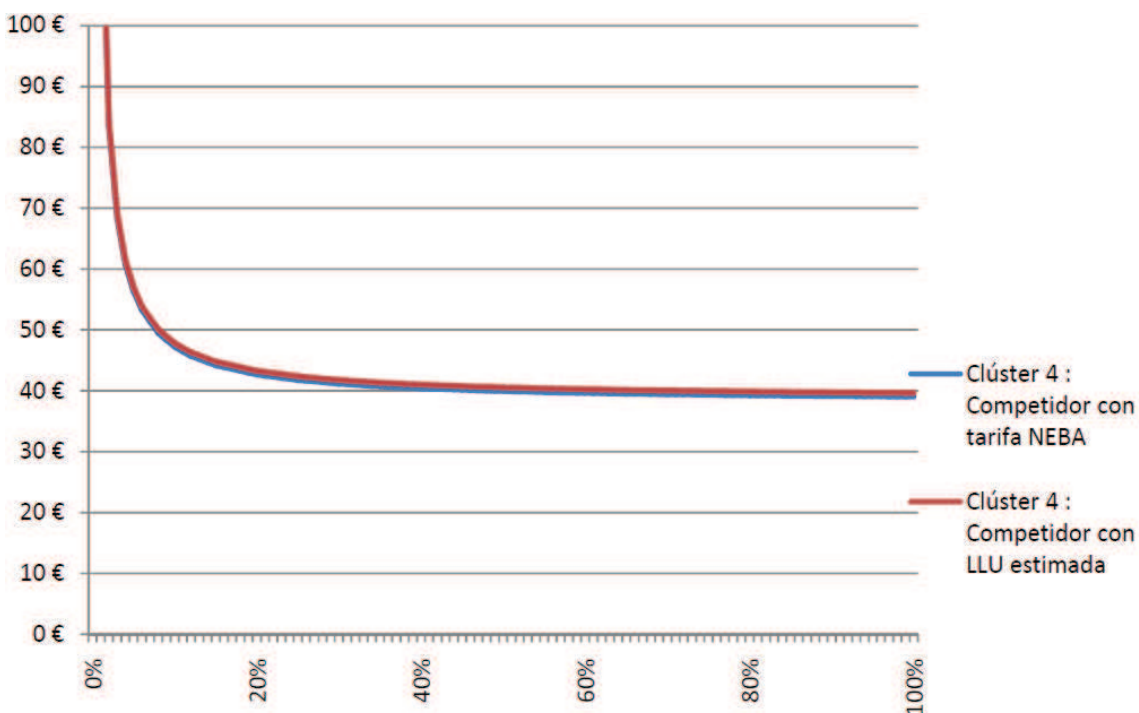


ILUSTRACIÓN 77 - CLÚSTER 4: COSTES POR MES Y USUARIO DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).

## CLUSTER 5 (ESCENARIO SUBURBANO)

En el quinto clúster (suburbano) vemos que los costes, tanto del operador incumbente como los estimados de cargo por desagregado, siguen creciendo respecto a lo visto anteriormente en las zonas de menor densidad. El equilibrio entre coste estimado por desagregado y costes del incumbente sigue alcanzándose en una cuota de cerca del 70%.

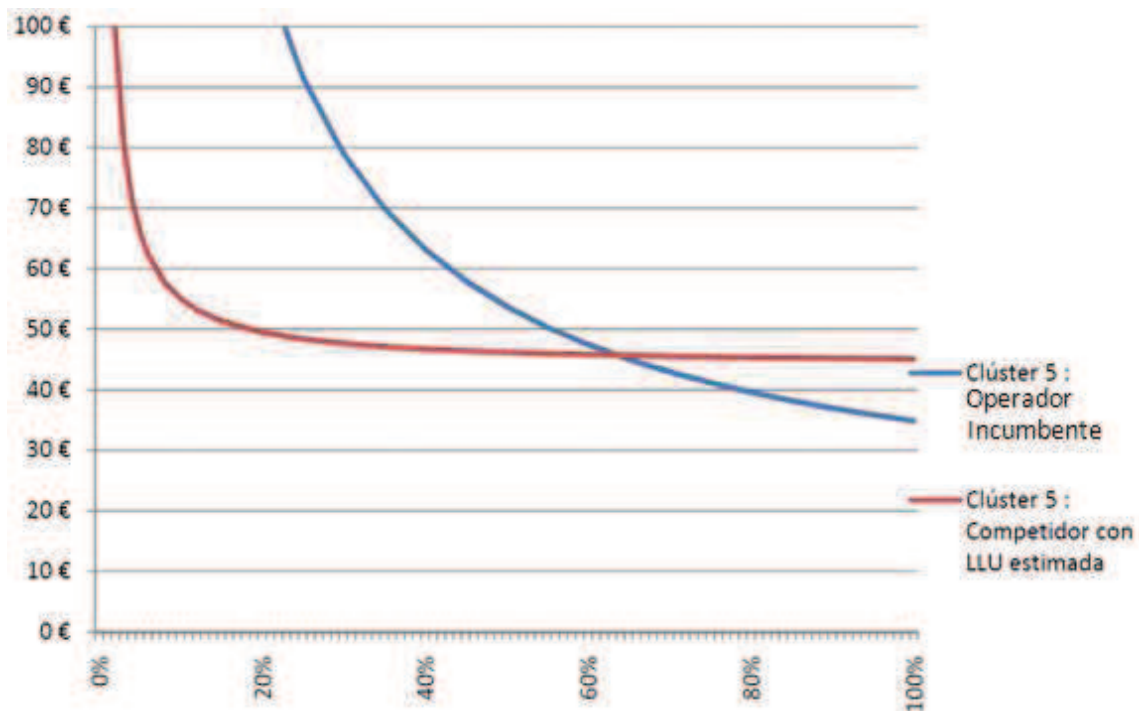


ILUSTRACIÓN 78 - CLÚSTER 5: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).

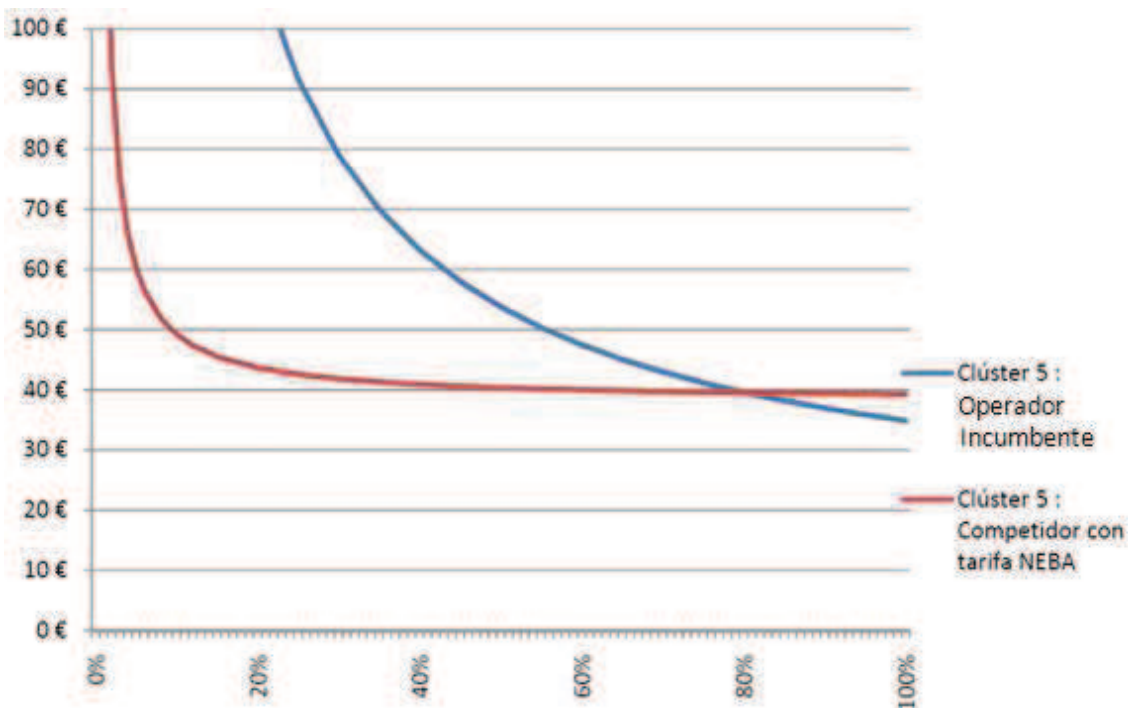


ILUSTRACIÓN 79 - CLÚSTER 5: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA.

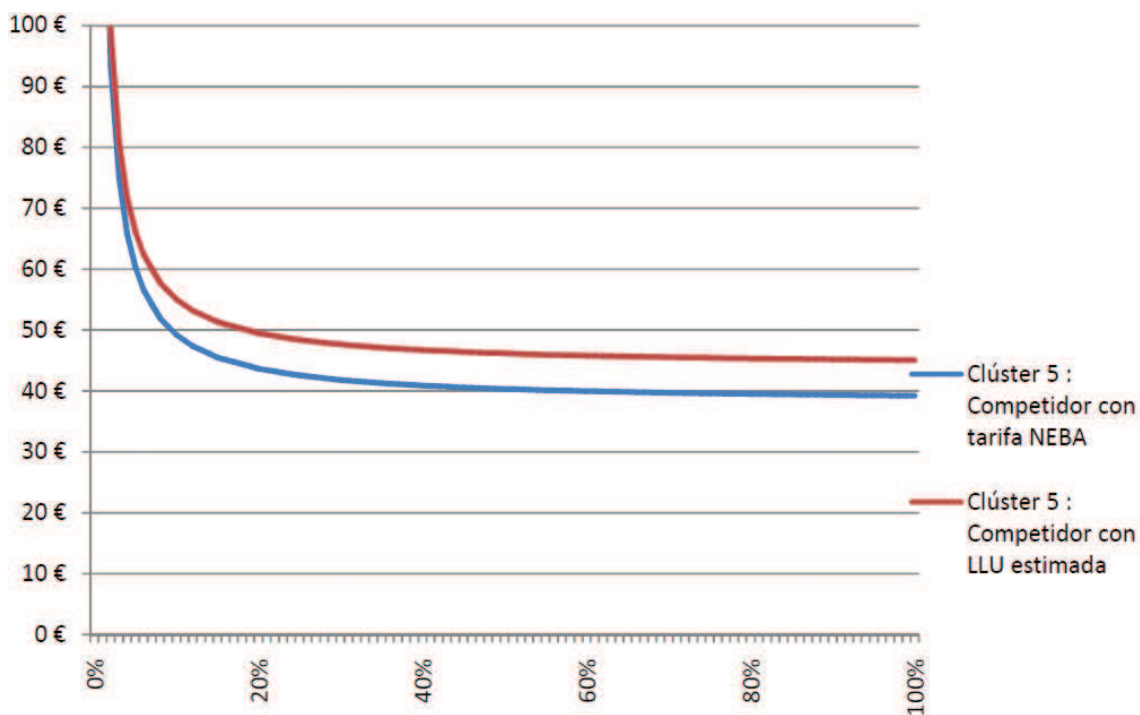


ILUSTRACIÓN 80 - CLÚSTER 5: COSTES POR MES Y USUARIO DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).

## CLUSTER 6 (ESCENARIO SUBURBANO POCO DENSO)

En el clúster 6 (geotipo suburbano poco denso) los costes por mes y usuario siguen disparándose, presentado las gráficas un comportamiento que comienza a parecer inasumible por parte de cualquier operador.

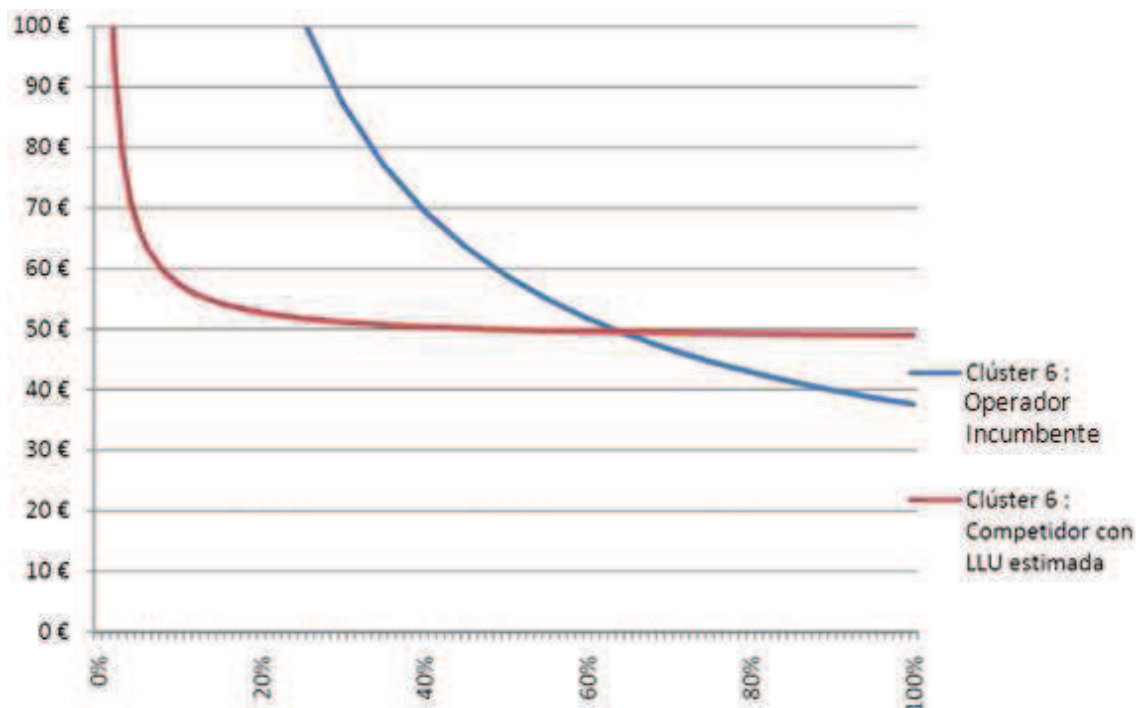


ILUSTRACIÓN 81 - CLÚSTER 6: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).

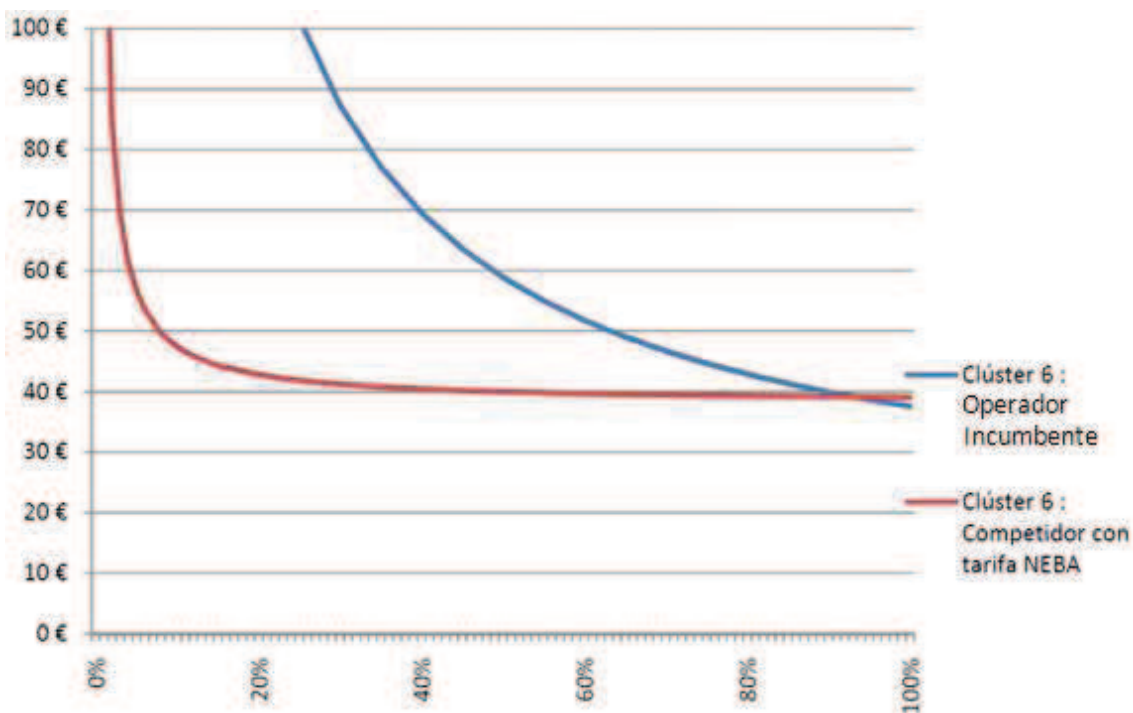


ILUSTRACIÓN 82 - CLÚSTER 6: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA.

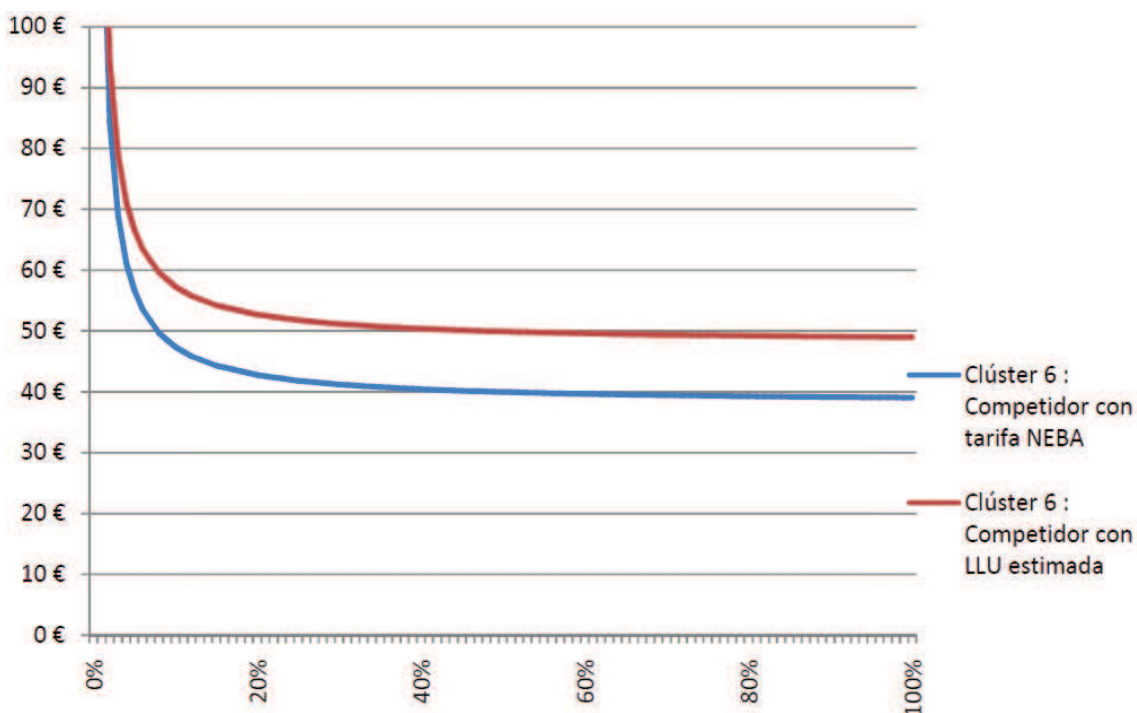


ILUSTRACIÓN 83 - CLÚSTER 6: COSTES POR MES Y USUARIO DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).

## CLUSTER 7 (ESCENARIO RURAL DENSO)

En el séptimo clúster el coste estimado por desagregado sobrepasa ampliamente los 60€ a cualquier cuota de mercado, siendo los costes del incumbente mucho más elevados que lo visto anteriormente.

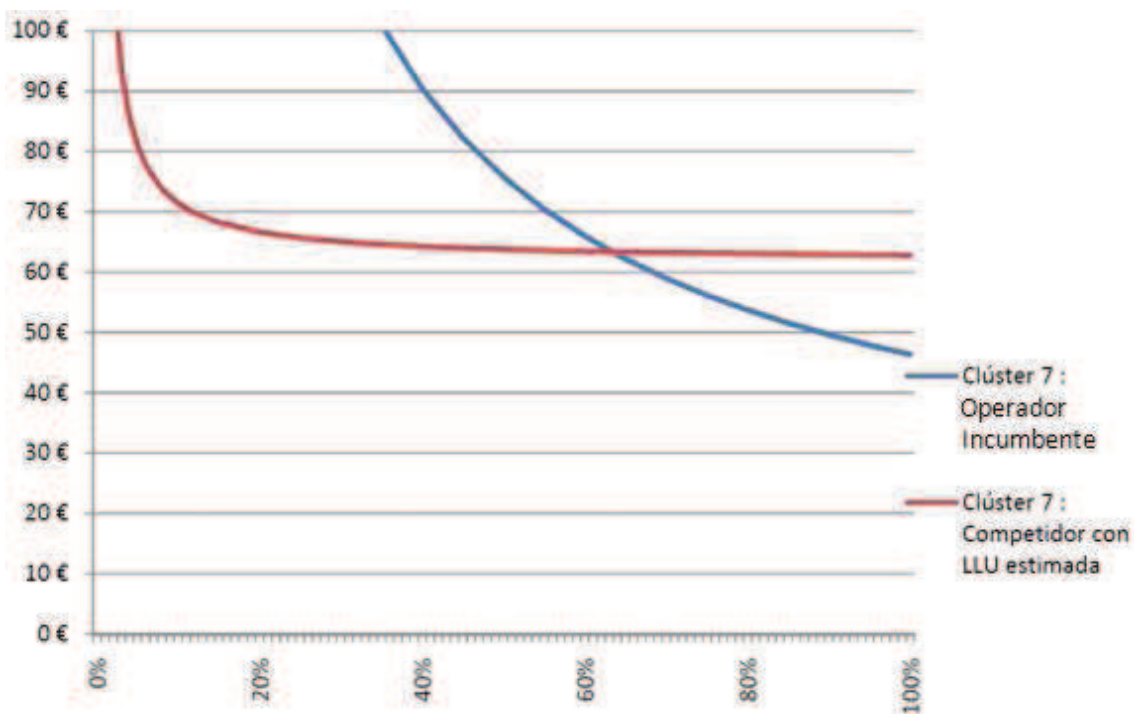


ILUSTRACIÓN 84 - CLÚSTER 7: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).

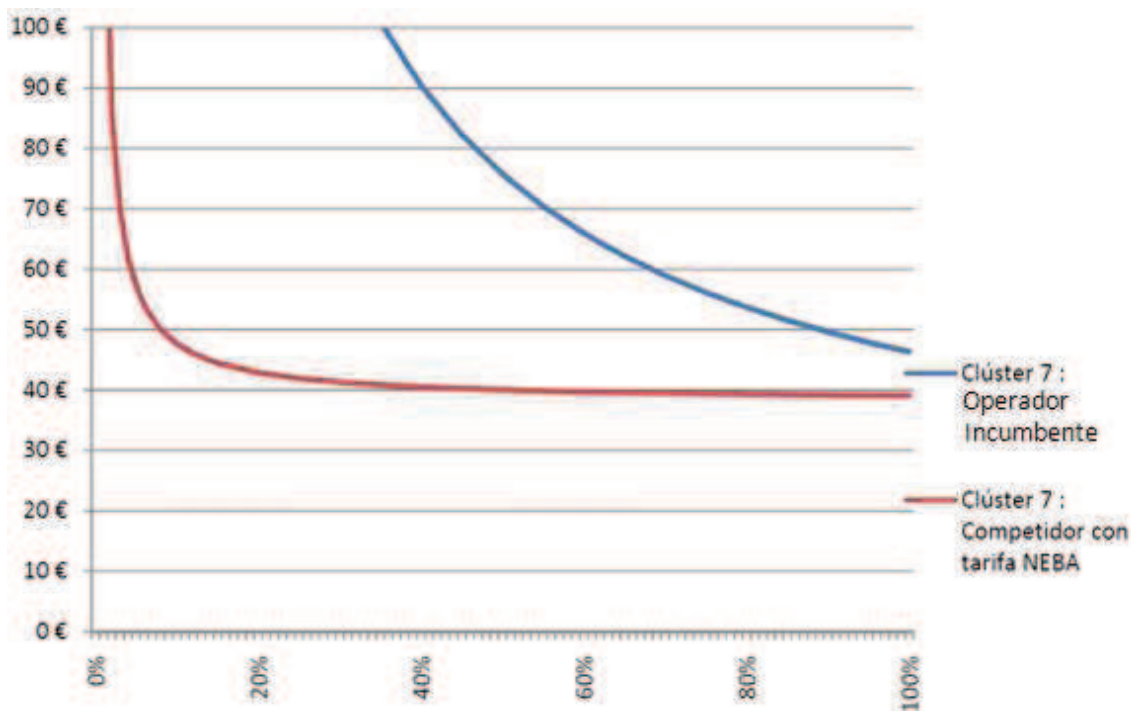


ILUSTRACIÓN 85 - CLÚSTER 7: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA.

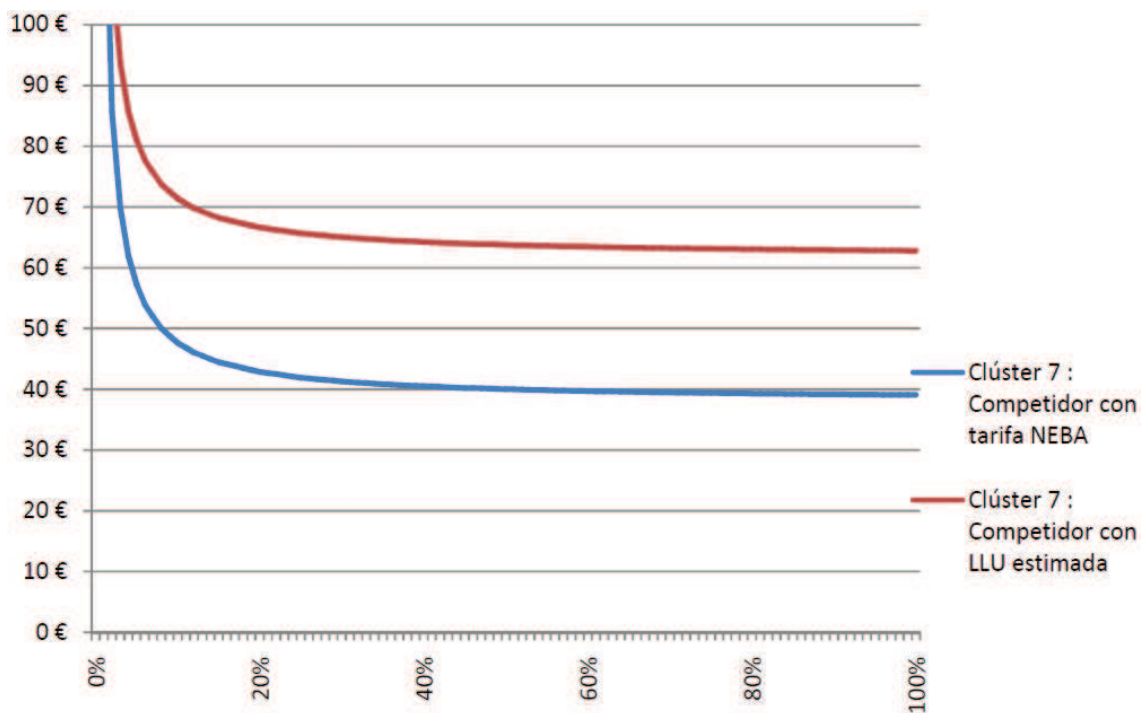


ILUSTRACIÓN 86 - CLÚSTER 7: COSTES POR MES Y USUARIO DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).



## CLUSTER 8 (ESCENARIO RURAL)

En el clúster 8 se hace evidente lo inviable del despliegue de una red de fibra en un escenario poco poblado; los costes del incumbente son muy altos, lo que repercute directamente en el coste estimado por desagregado. Se ha mantenido la escala de la gráfica (hasta 100€) para que resulte visualmente más intuitivo el hecho de los elevadísimos costes por mes y usuario que debe afrontar una compañía que decida desplegar fibra. El comportamiento de las gráficas es similar (en su forma) a lo visto anteriormente, subiendo en costes a medida que baja la densidad del escenario. Considerando un ARPU razonable estamos lejos en todo momento de la viabilidad del despliegue.

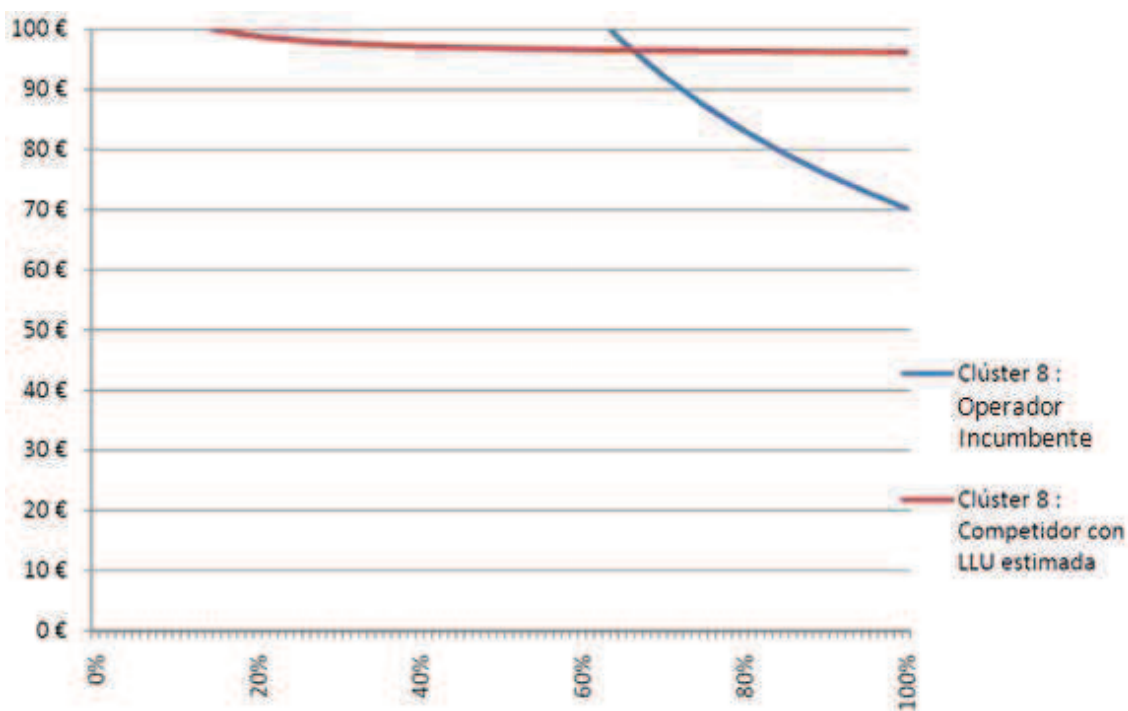


ILUSTRACIÓN 87 - CLÚSTER 8: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).

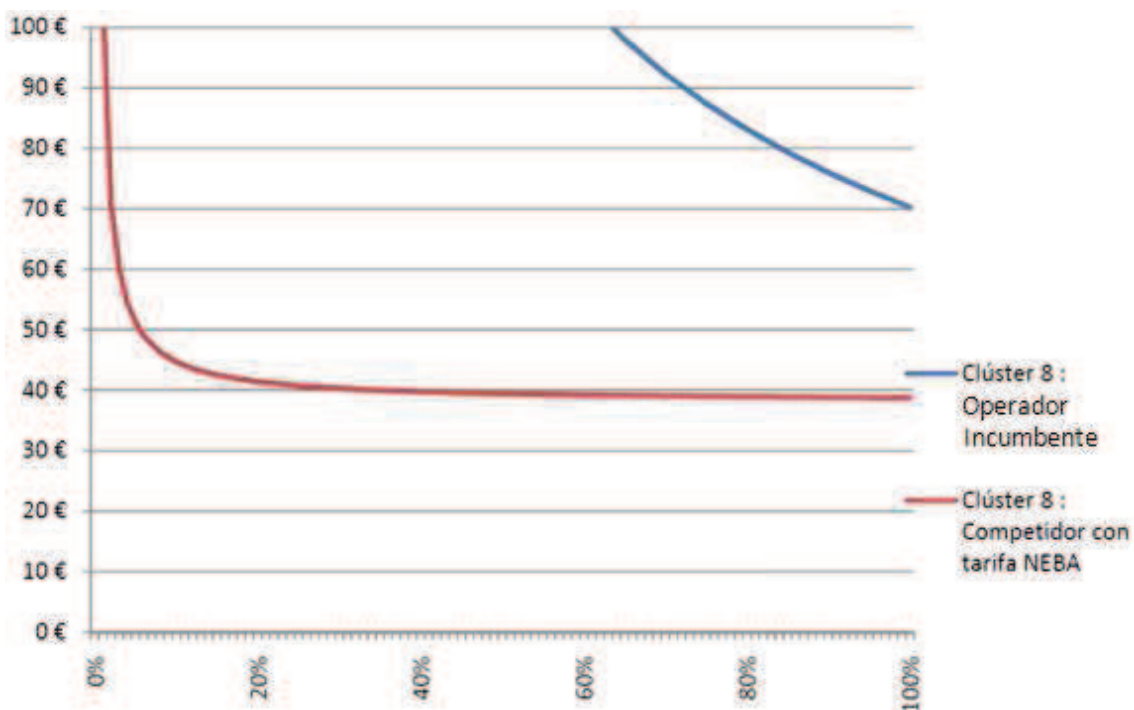


ILUSTRACIÓN 88 - CLÚSTER 8: COSTES POR MES Y USUARIO DEL OPERADOR INCUMBENTE Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA.

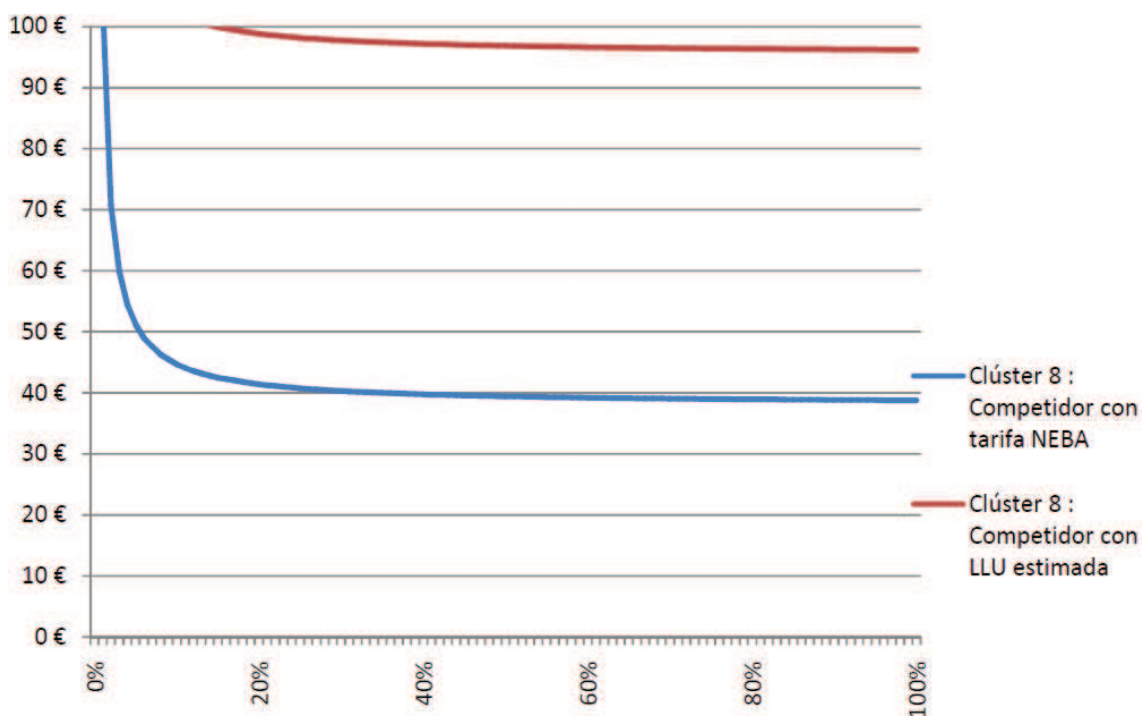


ILUSTRACIÓN 89 - CLÚSTER 8: COSTES POR MES Y USUARIO DE UN OPERADOR QUE ACCEDE A TRAVÉS DE LA TARIFA NEBA Y DE UN OPERADOR QUE ACCEDE AL DESAGREGADO (COSTE ESTIMADO).

## 10. LA BANDA ANCHA MÓVIL COMO COMPLEMENTO AL DESPLIEGUE DE FIBRA ÓPTICA

Como hemos visto en el apartado anterior, el despliegue de fibra óptica no resulta rentable para los operadores en los clústers menos densos. Es por esto que necesitamos una alternativa en los escenarios poco poblados, y dicha alternativa la ofrecen las redes móviles. Este tipo de redes, tal y como hemos visto anteriormente permiten la cobertura en una extensión importante de terreno.

En este apartado analizaremos el estado del mercado de banda ancha móvil en España, analizando cuáles son las perspectivas de cara al futuro despliegue de las redes LTE.

En 2011 tuvo lugar una nueva subasta de frecuencias a los operadores. Las frecuencias objeto de subasta eran la banda de 800 MHz (frecuencias que habían dejado libres los servicios de televisión analógica, el llamado “dividendo digital”, disponible a partir de 2015) y la banda 900 MHz (fruto de la reordenación de frecuencias de GSM -lo que se conoce como “refarming”). También se subastó la banda de 2600 MHz.

Tras la subasta inicial, los tres grandes operadores (Movistar, Vodafone y Orange) finalizaron con el mismo espectro disponible (sumando lo adjudicado y lo que ya tenían): 2x10 MHz en la banda de 800 MHz, otros 2x10 MHz en la de 900 MHz; 2x20 MHz en la de 1800, 2x15 MHz en la de 2100 y 2x20 MHz en la de 2.600 MHz. Posteriormente se subastó un último bloque de 5MHz (que había quedado desierto en la subasta inicial) que fue asignado en nueva subasta a Movistar (la compañía que más lo necesitaba, pues cuenta con el mayor número de clientes).

La subasta resultó alcanzar una cuantía menor de lo esperado por el Ministerio de Industria: el total alcanzó los 1.647 millones de euros, lejos de los dos mil millones que se confiaba conseguir con este procedimiento de adjudicación.

Dos factores influyeron en que la cifra alcanzada no fuera mayor:

- La retirada de Yoigo de la puja, lo que dejó el mercado con frecuencias suficientes para todos los tres grandes operadores.
- El conformismo de Orange en resultar adjudicatario de la denominada *banda sucia* del dividendo digital. Se denomina así a esta banda por ser la parte más baja del dividendo, y por lo tanto la que queda colindante a los operadores de TDT. Es responsabilidad del operador de cada banda evitar interferencia en las otras franjas, lo que convierte a este bloque en el menos atractivo, pues las implicaciones económicas de hacerlo funcionar correctamente no están tan claras

3. Los servicios de comunicaciones electrónicas que se presten en la banda de frecuencias de 800 MHz no deberán causar interferencias al servicio de radiodifusión de televisión que funciona en la banda de frecuencias adyacente inferior (470-790 MHz).

En caso de que se produjesen interferencias o perturbaciones al servicio de radiodifusión de televisión, el concesionario del servicio de comunicaciones electrónicas vendrá obligado a efectuar las correcciones técnicas necesarias para su completa eliminación, asumiendo, en su caso, el coste de las modificaciones a realizar en las instalaciones receptoras afectadas o el coste de las instalaciones alternativas que fueran precisas para asegurar la continuidad del servicio de radiodifusión de televisión.

69

A nivel LTE autonómico, las tres cableras regionales de Galicia, Asturias y País Vasco consiguieron un bloque de 2x10 MHz en sus respectivas comunidades, mientras que Ono consiguió frecuencias en 9 comunidades más donde operaba como cablera, entre ellos Madrid y Barcelona. Jazztel se quedó con los bloques de otras 5 comunidades. El mapa lo completaba Telecom CLM, que se quedó con el bloque de su comunidad, Castilla la Mancha. Todas estas operadoras consiguieron cubrir con sus bloques casi todo el país, lo que abría las puertas a un acuerdo de colaboración entre ellas para crear un operador móvil nacional. Las concesiones autonómicas de la banda LTE quedaron como sigue<sup>70</sup>:

Asturias	<b>Telecable</b>
Galicia	<b>R</b>
Castilla y León	<b>Jazztel</b>
Cantabria	<b>ONO</b>
País Vasco	<b>Euskaltel</b>
La Rioja	<b>ONO</b>
Navarra	<b>ONO</b>
Aragón	<b>Jazztel</b>
Cataluña	<b>ONO</b>
Comunidad Valenciana	<b>ONO</b>
Murcia	<b>ONO</b>
Castilla-La Mancha	<b>Telecom CLM</b>
Madrid	<b>ONO</b>
Extremadura	desierto
Andalucía	<b>Jazztel</b>
Canarias	<b>Jazztel</b>
Baleares	<b>Jazztel</b>
Ceuta y Melilla	<b>ONO</b>

TABLA 15 - CONCESIONES AUTÓNOMICAS DE LA BANDA LTE.

Los costes de esta subasta para las operadoras fueron los siguientes:

<sup>69</sup> <http://www.boe.es/boe/dias/2011/04/02/pdfs/BOE-A-2011-5936.pdf>

<sup>70</sup> Registro público de concesiones de telecomunicaciones  
[http://oficinavirtual.mityc.es/SETSI\\_RegConcesiones/default.aspx?codservicio=UMTS&servicio=Telefon%u00eda+M%u00f3vil+UMTS&titular=&rn=true](http://oficinavirtual.mityc.es/SETSI_RegConcesiones/default.aspx?codservicio=UMTS&servicio=Telefon%u00eda+M%u00f3vil+UMTS&titular=&rn=true)

Movistar: 668 M€.

Vodafone: 517 M€.

Orange: 437 M€.

Yoigo: 42 M€.

ONO: 13,3 M€.

Jazztel: 6 M€.

Euskaltel: 2,4 M€.

R: 1 M€.

Telecable: 708.000 €.

Telecom Castilla La Mancha: 598.000 €.

Finalmente, el panorama del espectro español quedó así:

<b>Banda 800 LTE (Dividendo Digital)</b>	791 MHz	5 MHz	Movistar
		5 MHz	
		5 MHz	Vodafone
		5 MHz	
	811 MHz	5 MHz	Orange
		5 MHz	
	832 MHz	5 MHz	Yoigo
		5 MHz	
		5 MHz	Clearwire
		5 MHz	
	862 MHz	5 MHz	
<b>Banda 900 GSM (Refarming)</b>	880 MHz	10 MHz	Neo-Sky
		10 MHz	
	915 MHz	10 MHz	Iberbanda
		10 MHz	
	925 MHz	10 MHz	Ono
		10 MHz	
		10 MHz	Otros
		10 MHz	
	960 MHz	10 MHz	

<b>Banda 1800 GSM (o LTE)</b>	1710 MHz	20 MHz
		20 MHz
		20 MHz
	1785 MHz	20 MHz
	1805 MHz	20 MHz
		20 MHz
		20 MHz
	1880 MHz	20 MHz
<b>Banda 2100 (3G)</b>	1900 MHz	15 MHz
		15 MHz
		15 MHz
		15 MHz
		15 MHz
	1980 MHz	15 MHz
	2110 MHz	15 MHz
		15 MHz
		15 MHz
		15 MHz
	2170 MHz	15 MHz
		15 MHz
<b>Banda 2600 (LTE)</b>	2500 MHz	20 MHz
		20 MHz
		15 MHz
	2690 MHz	10 MHz
<b>Banda 3500 (WiMAX)</b>	3400 MHz	20 MHz
		20 MHz
		20 MHz
	3480 MHz	20 MHz
	3500 MHz	20 MHz
		20 MHz
		20 MHz
		20 MHz
	3580 MHz	20 MHz
		20 MHz

TABLA 16 - REPARTO DEL ESPECTRO EN ESPAÑA <sup>71</sup>.

<sup>71</sup> Datos procedentes del registro público de concesiones de telecomunicaciones. [http://oficinavirtual.mityc.es/SETSI\\_RegConcesiones/default.aspx?codservicio=UMTS&servicio=Telefon%u00eda+M%u00f3vil+UMTS&titular=&rn=true](http://oficinavirtual.mityc.es/SETSI_RegConcesiones/default.aspx?codservicio=UMTS&servicio=Telefon%u00eda+M%u00f3vil+UMTS&titular=&rn=true)



Es de destacar que los operadores beneficiados por el dividendo digital (Movistar, Vodafone y Orange) deberán responder de lo siguiente:

2. Los operadores que resulten adjudicatarios y que dispongan de 10 MHz pareados en la banda de 800 MHz deberán completar conjuntamente, antes del 1 de enero de 2020, las ofertas proporcionadas con otras tecnologías o en otras bandas de frecuencias, con el fin de alcanzar una cobertura que permita el acceso a una velocidad de 30 megabits por segundo (Mbps) o superior, al menos, al 90 por ciento de los ciudadanos de unidades poblacionales de menos de 5.000 habitantes. El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio aprobará un plan en el que, teniendo en cuenta las ofertas proporcionadas con otras tecnologías o en otras bandas de frecuencias distintas de las de 800 MHz, identificará aquellas unidades poblacionales en las que no sea posible acceder a la velocidad determinada anteriormente y establecerá las obligaciones de cobertura a proporcionar por los operadores afectados adjudicatarios de la banda de 800 MHz. En la aprobación, seguimiento y ejecución del plan, se podrá tener en cuenta las propuestas que formulen los operadores afectados.

72

Es decir, que deberán garantizar un acceso de 30 Mbps al 90% de las localidades de menos de 5.000 habitantes, bien sea con las frecuencias obtenidas en la subasta del dividendo, o bien con alguna otra de las bandas de frecuencia de las que disponen. Cabe esperar, como es lógico, que los operadores adjudicatarios de estas bandas de frecuencia hayan tenido en cuenta el coste de ofrecer la cobertura impuesta por este decreto, y así lo consideren en sus planes de despliegue de la red. Si atendemos al modelo de costes que hemos utilizado para el despliegue de fibra óptica, podemos analizar sobre qué clústeres va a influir, y en qué medida, la aplicación práctica de este aspecto regulatorio.

Atendiendo a los criterios que ya utilizáramos en el capítulo de costes de despliegue FTTH, tenemos que las poblaciones de menos de 5.000 habitantes se reparten como sigue:

Geotipo	Nº Clúster	Clientes potenciales por km <sup>2</sup>	Número total de clientes potenciales	población ESPAÑA	Población en localidades de menos de 5.000 habitantes	Usuarios potenciales (P<5000)	Porcentaje sobre el total (P<5000)
Urbano (denso)	1	4000	5.934.812	10.857.161	8.953	4.894	0,08%
Urbano	2	1600	3.496.765	6.396.992	27.072	14.798	0,42%
Poco Urbano	3	800	3.056.749	5.592.024	56.665	30.975	1,01%
Suburbano (denso)	4	470	2.556.437	4.676.753	67.165	36.714	1,44%
Suburbano	5	280	2.097.025	3.836.304	119.877	65.528	3,12%
Suburbano(poco denso)	6	150	2.515.077	4.601.088	358.764	196.110	7,80%
Rural (denso)	7	60	2.479.244	4.535.535	1.109.353	606.402	24,46%
Rural	8	<60	3.659.465	6.694.636	4.240.343	2.317.884	63,34%
<b>TOTAL</b>			<b>25.795.574</b>	<b>47.190.493</b>	<b>5.988.192</b>	<b>3.273.305</b>	<b>12,69%</b>

TABLA 17 - REPARTO DE LA POBLACIÓN EN LOCALIDADES DE MENOS DE 5.000 HABITANTES.

Tenemos que en España hay casi 6 millones de personas que viven en municipios de menos de 5.000 habitantes. De acuerdo a los criterios establecidos en el estudio, encontramos que la mayor parte de esa población se encuentra en el último clúster, el 8 (rural).

<sup>72</sup><http://www.boe.es/boe/dias/2011/04/02/pdfs/BOE-A-2011-5936.pdf>



Con la obligación impuesta a los operadores tendremos que el 90% de las personas aquí representadas deben tener acceso a banda ancha. Atendiendo a las cifras del cuadro anterior, la banda ancha debería llegar al 11,42% de la población (90% de 12,69%).

La buena noticia es que en su mayor parte este servicio se va a dar en aquellas zonas en las que vimos que el despliegue de fibra era completamente inasumible, por lo inviable del despliegue en términos económicos.

Por supuesto, habrá muchos casos en los que resulte completamente absurdo que cada operador despliegue infraestructura propia, pues con las instalaciones de un operador sería suficiente para dar cabida a todo el tráfico que cabe esperar de una zona poco densa. Por ello es de esperar que los tres operadores a los que atañe esta disposición (Movistar, Vodafone y Orange) se pongan de acuerdo entre ellos y repartan de alguna forma –tal y como se ha hecho en 3G- la obligación de instalar infraestructura para dar servicio a estas zonas poco densas.

En resumen, vemos de forma clara (si los operadores respetan la ley) que el despliegue de banda ancha móvil va a complementar al despliegue de fibra. En cualquier caso, y vistas las cifras, en principio las zonas en las que el despliegue de fibra es viable y las zonas en las que será obligatorio desplegar banda ancha móvil no son ni mucho menos complementarias, por lo que hay que esperar que los operadores encuentren la forma de hacer viable el despliegue de red móvil en más zonas, además de las obligatorias, así como que se encuentre la forma de abaratar el despliegue de fibra.

## 11. CONCLUSIONES

Los retos presentes e inquietudes de futuro que España se plantea actualmente son muy serios. La situación financiera es alarmante, lo que se conocía como estado del bienestar se derrumba a un ritmo imparable, el elevadísimo índice de paro está dejando fuera de la sociedad a amplios sectores de la población y destruyendo la clase media, mientras nuestra credibilidad en el exterior está cada vez más debilitada, lo que dificulta la captación de inversión y financiación.

Las circunstancias que nos han llevado a este punto son muchas; en un marco internacional de crisis, nuestro país está sufriendo las consecuencias con mayor virulencia, debido principalmente a haberse enfocado en sectores otrora gloriosos, y en los que hoy cunde la desolación y el desengaño. La ausencia de un tejido productivo capaz de absorber la fuerza de trabajo desocupada nos deja ante un panorama en el que tendremos que reinventarnos, o por el contrario ver como nuestra posición relativa en el mundo decae irremediabilmente y quedamos relegados a un segundo plano, no solo a nivel europeo sino también mundial.

Frente a esta situación que nos está alejando del resto de Europa, como país tenemos varias opciones: trabajar más horas, trabajar durante más años, o trabajar más inteligentemente.

Hasta el momento parece que solo hemos conseguido hacer las dos primeras; los ciudadanos que conservan su empleo ven como sus jornadas laborales se alargan varias horas más, pues la amenaza de ser fácilmente reemplazables solo les deja esa vistosa actitud como método para intentar blindar su empleo; que trabajaremos más años ya es una realidad, con la extensión de la edad de jubilación, que descarga notablemente a las arcas públicas de la responsabilidad de las pensiones.

Respecto al último punto, trabajar más inteligentemente, no parece que estemos tomando muchas iniciativas al respecto, más bien al contrario: los fondos destinados a investigación, desarrollo e innovación se han reducido sustancialmente, la educación es cada vez más cara, y los grandes proyectos que encuentran apoyo en España son de carácter lúdico, con un valor añadido muy discutible y unas posibles externalidades realmente inquietantes. Nos dirigimos a una situación en la que las personas con capacidad e iniciativa no podrán acceder a una educación adecuada, y los que lo hagan probablemente acaben desempeñando su vida laboral fuera de nuestro país, con lo que el retorno será nulo.

En el presente proyecto se ha analizado la inversión en banda ancha como un paso adelante en la dirección de trabajar con mayor inteligencia. Hemos analizado

extensamente los estudios que a largo de las últimas décadas relacionan la inversión en redes de telecomunicación con la prosperidad de las naciones: unas redes de acceso rápidas permiten desarrollar todo el potencial de la educación a distancia y la telemedicina, facilitan los trámites con la administración, dan lugar a la aparición de nuevas aplicaciones y sus consiguientes mercados, y mejoran la calidad de vida en general. En materia de empleo, hemos presentado estudios que estiman que la inversión en banda ancha es muy provechosa en creación de empleo directo (asociado al propio despliegue), indirecto (nuevos empleos que surgen gracias a las mejores comunicaciones) e inducido (empleo que surge de la mayor capacidad de gasto de los beneficiados por un empleo directo o indirecto). Aprovechar en un sentido positivo la deslocalización que permiten las redes de banda ancha también tiene un efecto positivo sobre el empleo, es decir, si es mayor el número de empresas extranjeras que localizan su fuerza laboral en España que el número de empresas españolas que llevan su trabajo fuera de nuestro país gracias a las posibilidades que ofrecen las redes de acceso ultrarrápidas.

Hemos visto que la relación entre crecimiento de un país y la calidad de sus redes es bidireccional; la prosperidad fomenta el desarrollo de nuevas redes y servicios, y viceversa, redes mejores y más rápidas favorecen el crecimiento. También hemos presentado el concepto de masa crítica: para que una red de telecomunicaciones tenga éxito y preste ventajas a la sociedad es necesario que sea adoptada por un elevado número de personas (aplicando el concepto de masa crítica a la banda ancha, tendríamos que es poco provechoso poder subir un archivo rápidamente a la red, si quien debe recibirlo tardará mucho en descargárselo porque su red de acceso es lenta).

Como iniciativa principal a nivel europeo hemos presentado la Agenda Digital Europea, documento que refleja muchos puntos de acción a nivel tecnológico, y plasma ambiciosos objetivos en materia de banda ancha hasta 2020. Además, se hace eco de los problemas a los que Europa se enfrenta a la hora de afrontar un despliegue, como son la fragmentación de los mercados, la variedad legislativa entre los distintos países de La Unión y la falta de interoperabilidad de los dispositivos.

Hemos analizado también la Agenda Digital Española como documento que interpreta la Agenda Europea y lo concreta a la realidad de nuestro país; los problemas concretos de España vienen a ser la falta de unidad de mercado y regulación (lo que en Europa ocurre entre países, aquí sucede entre comunidades autónomas) y la necesidad de mejorar la eficiencia en los despliegues, aprovechando la instalación de otras infraestructuras para incluir redes de acceso de nueva generación.

A nivel tecnológico, hemos analizado las tendencias que se están produciendo en redes fijas y móviles. Podemos concluir que a nivel fijo el futuro son las redes de fibra óptica hasta el hogar, y en redes móviles el futuro inmediato es el despliegue de LTE.

Como aportación principal del proyecto a la cuestión de la banda ancha se ha presentado un estudio económico sobre la viabilidad del despliegue de banda ancha en España. Hemos tomado FTTH como arquitectura de referencia, y hemos podido comprobar que su despliegue solo resulta viable cuando la densidad de población es elevada. Esto es aplicable tanto para el operador incumbente (Telefónica) como para cualquier otro operador que quiera dar servicio de banda ancha, ya sea mediante el despliegue de una red propia (únicamente viable en zonas de muy alta densidad, y haciendo un despliegue selectivo) o acogándose a la tarifa establecida para acceder a través de la red de Telefónica.

Como complemento a las redes de acceso de fibra óptica hemos presentado el estado de la cuestión del futuro del despliegue de LTE en España. Hemos visto qué va a pasar con las frecuencias disponibles a raíz del *dividendo digital* (frecuencias que deja libres la televisión analógica) y el *refarming* (reordenación de las frecuencias de GSM).

Las redes de banda ancha móvil se harán necesarias si queremos intentar conseguir los objetivos de cobertura de banda ancha marcados por la Agenda Digital Europea, especialmente en aquellas zonas en las que no es rentable el despliegue de una red de acceso fija. En este sentido, ya se ha regulado que los operadores principales (Telefónica, Vodafone y Orange) tengan que dar acceso de 30 Mbps al 90% de los municipios de menos de 5.000 habitantes para el año 2020. De cumplirse esto, aliviaría bastante las zonas menos favorables para un despliegue de fibra.

Huelga decir que va a resultar muy difícil conseguir los objetivos de banda ancha marcados por la agenda, pero es seguro que aproximarse lo más posible tendrá efectos positivos para nuestra sociedad.

Esperemos en cualquier caso que las directrices de las agendas digitales Europea y Española sirvan para encauzar la inversión, ya sea pública o privada, hacia objetivos perdurables, de largo recorrido y con resultados positivos para toda la sociedad.

## 12. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- The impact of broadband on Jobs and the German Economy. Columbia Business School, 2010.
- Investment in Broadband Infraestructure: Impacts on Economy Development and Network Neutrality. Universidad de Kyushu, Japón (2009).
- What Role Should Governments Play in Broadband Development? Banco Mundial, 2009.
- The Impact of Broadband on Growth and Productivity” MICUS Management consulting, 2008.
- The impact of broadband on Jobs and the German Economy. Columbia Business School, 2010.
- Broadband, Economic Growth and Sustainable development. CISCO, 2009.
- The UK Digital Road to Recovery. LSE, 2009.
- Registro público de concesiones de telecomunicaciones [http://oficinavirtual.mityc.es/SETSI\\_RegConcesiones](http://oficinavirtual.mityc.es/SETSI_RegConcesiones)
- Architectures and competitive models in fibre networks. Prof. Dr. Steffen Hoernig, Stephan Jay, Dr. Karl-Heinz Neumann, Prof. Dr. Martin Peitz, Dr. Thomas Plückebaum, Prof. Dr. Ingo Vogelsang. WIK Consult – Report – Study for Vodafone
- Una Agenda Digital para Europa.  
Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones.  
Comisión Europea - Bruselas, 26.8.2010 - COM(2010) 245 final/2
- 3GPP TR 36.913 V8.0.0 (2008-06) - Requirements for Further Advancements for EUTRA (LTE-Advanced) (Release 8) Technical Report 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network.
- Study on the Social Impact of ICT (CPP N°55A – SMART N°2007/0068) p.9.
- Raúl Katz: El papel de las TIC en el desarrollo, Fundación Telefónica, 2009
- NE. Encuesta de uso de TIC en las empresas. Junio 2011
- Estudio de las TIC en la empresa española 2010. AETIC/EVERIS/RED.ES

- Directrices comunitarias para la aplicación de las normas sobre ayudas estatales al despliegue rápido de redes de banda ancha (DO C 235 de 30.9.2009, p. 4).
- ITU: Measuring the Information Society 2011
- ITU: World Telecommunication /ICT Indicators database
- Comisión Europea: Situación a 1 de Julio de 2011 del acceso de banda ancha en la UE.
- Informe del Sector de las Telecomunicaciones y las Tecnologías de la Información. ONTSI, 2011
- Informe Anual CMT 2011 [informecmt.cmt.es/](http://informecmt.cmt.es/)
- Blog CMT: <http://blogcmt.com/>
- <http://www.confianzaonline.es/>
- <http://bandaancha.eu/comparativa/adsl-telefono>
- <http://www2.alcatel-lucent.com/blogs/techzine/2011/boosting-vdsl2-bit-rates-with-vectoring/>
- <http://www.expansion.com/2011/09/28/empresas/tmt/1317202014.html?a=f96d2da06da117289fc0c753d8c4c755&t=1331465558>
- <http://www.ono.es/sobreono/nosotros/informacion-corporativa/red/>
- [http://www.wimaxforum.org/sites/wimaxforum.org/files/document\\_library/wimax\\_hspa+and\\_lte\\_111809\\_final.pdf](http://www.wimaxforum.org/sites/wimaxforum.org/files/document_library/wimax_hspa+and_lte_111809_final.pdf)
- [http://www.cmt.es/c/document\\_library/get\\_file?uuid=1f1abb96-6c08-4068-bf92-b697f164a03b&groupId=10138](http://www.cmt.es/c/document_library/get_file?uuid=1f1abb96-6c08-4068-bf92-b697f164a03b&groupId=10138)
- <http://www.boe.es/boe/dias/2011/04/02/pdfs/BOE-A-2011-5936.pdf>

## APÉNDICES

### APÉNDICE 1: AJUSTE DEL MODELO ORIGINAL

A continuación mostraremos los resultados obtenidos al aplicar el modelo de costes propio tomando como datos de entrada los referentes a *Euroland*. Se compararán estos resultados con los que ofrece el estudio original. Ambos resultados deberían ser idénticos, y es en la diferencia que exista donde encontraremos el error de la estimación realizada para componer el modelo.

En ocasiones los resultados de nuestra simulación quedarán por encima del valor original del estudio y otras veces quedarán por debajo. En general, el ajuste de modelo de costes no se ha realizado según ninguna estrategia de minimización de errores; no es ese el objeto del presente proyecto. Ha sido un proceso empírico de prueba y error, siempre aplicando una formulación razonable, y buscando el compromiso del modelo con los diferentes escenarios; la ponderación que iba bien en un clúster podía no ser buena en otro, e incluso completamente desastrosa en alguno de los demás. Finalmente se obtuvo un compromiso razonable, y si bien a veces aparecerá algún error considerable (entendiendo considerable alrededor del 10%) nos encontraremos que el modelo es bastante acertado en su comportamiento general, lo que da cierta confianza a la hora de aplicarlo al caso de España.

Las categorías que se han comparado con el estudio original han sido:

- Costes por mes y usuario (Capex + Opex) del operador incumbente, con un 70% de cuota de mercado.
- Precio estimado del desagregado (orientado a costes) que debería abonar un operador entrante.
- Cuota de mercado del operador incumbente (valor de cuota de mercado en que los costes igualan a  $ARPU = 44.25\text{€}$ ).
- Cuota de mercado de un operador entrante (valor de cuota de mercado en que los costes igualan a  $ARPU = 42.04\text{€}$ ).

En cada una de las categorías y para cada uno de los escenarios se presenta el cuadro de costes y el resultado del estudio original.



## (CAPEX+OPEX) DEL OPERADOR AL 70% DE CUOTA DE MERCADO

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CLÚSTER 1 - CAPEX							
CPE	100,00 €	5	123.474.120 €	0,26	32.103.271 €	2.675.273 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	645.593.256 €	0,12	77.471.191 €	6.455.933 €	5,23 €
DROP	-	10	627.238.304 €	0,16	100.358.129 €	8.363.177 €	6,77 €
FEEDER	-	10	88.392.430 €	0,16	14.142.789 €	1.178.566 €	0,95 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	28.399.048 €	0,12	3.407.886 €	283.990 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	59.973.144 €	0,12	7.196.777 €	599.731 €	0,49 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	148.168.944 €	0,21	31.115.478 €	2.592.957 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	138.000 €	0,21	28.980 €	2.415 €	0,00 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	4.372.305 €	0,12	524.677 €	43.723 €	0,04 €
			1.725.749.551 €				CAPEX: 17,98 €
CLÚSTER 1 - OPEX							
Coste fijo núcleo de red/concentración							4,67 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		5.129,16 €				0,00 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	4,56 €						0,38 €
						OPEX: 11,63 €	
						CLUSTER 1 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 70% DE CUOTA DE MERCADO	29,61 €

Estudio original: 29,85€.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CLÚSTER 2 - CAPEX							
CPE	100,00 €	5	151.457.040 €	0,26	39.378.830 €	3.281.569 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	791.903.952 €	0,12	95.028.474 €	7.919.040 €	5,23 €
DROP	-	10	1.271.105.784 €	0,16	203.376.925 €	16.948.077 €	11,19 €
FEEDER	-	10	145.036.553 €	0,16	23.205.848 €	1.933.821 €	1,28 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	34.835.119 €	0,12	4.180.214 €	348.351 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	73.564.848 €	0,12	8.827.782 €	735.648 €	0,49 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	181.748.448 €	0,21	38.167.174 €	3.180.598 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	336.000 €	0,21	70.560 €	5.880 €	0,00 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	5.365.700 €	0,12	643.884 €	53.657 €	0,04 €
			2.655.353.444 €				CAPEX: 22,72 €
CLÚSTER 2 - OPEX							
Coste fijo núcleo de red/concentración							4,28 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		8.792,46 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	4,56 €						0,38 €
						OPEX: 11,25 €	
CLUSTER 2 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 70% DE CUOTA DE MERCADO							33,96 €

Estudio original: 34,17 €.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
<b>CLÚSTER 3 - CAPEX</b>							
CPE	100,00 €	5	185.220.000 €	0,26	48.157.200 €	4.013.100 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	968.436.000 €	0,12	116.212.320 €	9.684.360 €	5,23 €
DROP	-	10	1.990.773.120 €	0,16	318.523.699 €	26.543.642 €	14,33 €
FEEDER	-	10	246.490.927 €	0,16	39.438.548 €	3.286.546 €	1,77 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	42.600.600 €	0,12	5.112.072 €	426.006 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	89.964.000 €	0,12	10.795.680 €	899.640 €	0,49 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	222.264.000 €	0,21	46.675.440 €	3.889.620 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	504.000 €	0,21	105.840 €	8.820 €	0,00 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	6.563.224 €	0,12	787.587 €	65.632 €	0,04 €
<b>3.752.815.871 €</b>							<b>CAPEX: 26,36 €</b>
<b>CLÚSTER 3 - OPEX</b>							
Coste fijo núcleo de red/concentración							4,18 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		12.148,96 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	5,73 €						0,48 €
							<b>OPEX: 11,24 €</b>
<b>CLUSTER 3 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 70% DE CUOTA DE MERCADO</b>							<b>37,60 €</b>

Estudio original: 38,19 €.



	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CLÚSTER 4 - CAPEX							
CPE	100,00 €	5	144.373.600 €	0,26	37.537.136 €	3.128.095 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	754.867.680 €	0,12	90.584.122 €	7.548.677 €	5,23 €
DROP	-	10	1.506.117.181 €	0,16	240.978.749 €	20.081.562 €	13,91 €
FEEDER	-	10	252.788.594 €	0,16	40.446.175 €	3.370.515 €	2,33 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	33.205.928 €	0,12	3.984.711 €	332.059 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	70.124.320 €	0,12	8.414.918 €	701.243 €	0,49 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	173.248.320 €	0,21	36.382.147 €	3.031.846 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	560.000 €	0,21	117.600 €	9.800 €	0,01 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	5.118.349 €	0,12	614.202 €	51.183 €	0,04 €
			2.940.403.972 €				CAPEX: 26,5 €
CLÚSTER 4 - OPEX							
Coste fijo núcleo de red/concentración							4,00 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		11.976,96 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	7,62 €						0,64 €
						OPEX: 11,22 €	
CLUSTER 4 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 70% DE CUOTA DE MERCADO							37,72 €

Estudio original: 37,73 €.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CLÚSTER 5 - CAPEX							
CPE	100,00 €	5	172.225.200 €	0,26	44.778.552 €	3.731.546 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	900.491.760 €	0,12	108.059.011 €	9.004.918 €	5,23 €
DROP	-	8,5	2.101.746.371 €	0,18	378.314.347 €	31.526.196 €	18,31 €
FEEDER	-	10	380.838.023 €	0,16	60.934.084 €	5.077.840 €	2,95 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	39.611.796 €	0,12	4.753.416 €	396.118 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	83.652.240 €	0,12	10.038.269 €	836.522 €	0,49 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	206.670.240 €	0,21	43.400.750 €	3.616.729 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	606.000 €	0,21	127.260 €	10.605 €	0,01 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	6.104.817 €	0,12	732.578 €	61.048 €	0,04 €
			3.891.946.447 €				CAPEX: 31,51 €
CLÚSTER 5 - OPEX							
Coste fijo núcleo de red/concentración							4,04 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		13.357,01 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	10,46 €						0,87 €
						OPEX: 11,5 €	
						CLUSTER 5 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 70% DE CUOTA DE MERCADO	43,01 €

Estudio original: 43,02€.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CLÚSTER 6 - CAPEX							
CPE	100,00 €	5	209.233.920 €	0,26	54.400.819 €	4.533.402 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	1.093.994.496 €	0,12	131.279.340 €	10.939.945 €	5,23 €
DROP	-	8,5	2.896.894.730 €	0,18	521.441.051 €	43.453.421 €	20,77 €
FEEDER	-	10	611.293.762 €	0,16	97.807.002 €	8.150.583 €	3,90 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	48.123.802 €	0,12	5.774.856 €	481.238 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	101.627.904 €	0,12	12.195.348 €	1.016.279 €	0,49 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	251.080.704 €	0,21	52.726.948 €	4.393.912 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	834.000 €	0,21	175.140 €	14.595 €	0,01 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	7.418.121 €	0,12	890.175 €	74.181 €	0,04 €
			5.220.501.439 €				
							CAPEX: 34,92 €
CLÚSTER 6 - OPEX							
Coste fijo núcleo de red/concentración							3,98 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		17.693,93 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	15,00 €						1,25 €
							OPEX: 11,82 €
							CLUSTER 6 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 70% DE CUOTA DE MERCADO
							46,74 €

Estudio original: 46,21€.



	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CLÚSTER 7 - CAPEX							
CPE	100,00 €	5	303.184.560 €	0,26	78.827.986 €	6.568.999 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	1.585.222.128 €	0,12	190.226.655 €	15.852.221 €	5,23 €
DROP	-	7	4.929.663.780 €	0,21	1.035.229.394 €	86.269.116 €	28,45 €
FEEDER	-	10	1.530.457.814 €	0,16	244.873.250 €	20.406.104 €	6,73 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	69.732.449 €	0,12	8.367.894 €	697.324 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	147.261.072 €	0,12	17.671.329 €	1.472.611 €	0,49 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	363.821.472 €	0,21	76.402.509 €	6.366.876 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	2.842.000 €	0,21	596.820 €	49.735 €	0,02 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	10.773.524 €	0,12	1.292.823 €	107.735 €	0,04 €
			8.942.958.799 €				CAPEX: 45,45 €
CLÚSTER 7 - OPEX							
Coste fijo núcleo de red/concentración							3,58 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		50.141,63 €				0,02 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	30,30 €						2,53 €
						OPEX: 12,7 €	
CLUSTER 7 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 70% DE CUOTA DE MERCADO							58,15 €

Estudio original: 57,77€.



CLÚSTER 8 - CAPEX	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CPE	100,00 €	5	241.385.760 €	0,26	62.760.298 €	5.230.025 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	1.262.102.688 €	0,12	151.452.323 €	12.621.027 €	5,23 €
DROP	-	7	7.383.251.716 €	0,21	1.550.482.860 €	129.206.905 €	53,53 €
FEEDER	-	10	2.606.439.690 €	0,16	417.030.350 €	34.752.529 €	14,40 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	55.518.725 €	0,12	6.662.247 €	555.187 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	117.244.512 €	0,12	14.069.341 €	1.172.445 €	0,49 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	289.662.912 €	0,21	60.829.212 €	5.069.101 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	4.976.000 €	0,21	1.044.960 €	87.080 €	0,04 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	8.618.231 €	0,12	1.034.188 €	86.182 €	0,04 €
			<b>11.969.200.234 €</b>				
							<b>CAPEX: 78,21 €</b>
CLÚSTER 8 - OPEX							
Coste fijo núcleo de red/concentración							3,24 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		80.620,51 €				0,03 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	54,15 €						4,51 €
							<b>OPEX: 14,37 €</b>
							<b>CLUSTER 8 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 70% DE CUOTA DE MERCADO 92,57 €</b>

Estudio original: 92,44€.

## PRECIO ESTIMADO DEL DESAGREGADO PARA UN OPERADOR ENTRANTE

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	645.593.256 €	0,12	77.471.191 €	6.455.933 €	5,23 €
DROP	-	10	627.238.304 €	0,16	100.358.129 €	8.363.177 €	6,77 €
FEEDER	-	10	88.392.430 €	0,16	14.142.789 €	1.178.566 €	0,95 €
Puertos ODF del lado del usuario	46,00 €	20	81.140.136 €	0,12	9.736.816 €	811.401 €	0,66 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	57,00 €	20	100.543.212 €	0,12	12.065.185 €	1.005.432 €	0,81 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	148.168.944 €	0,21	31.115.478 €	2.592.957 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	138.000 €	0,21	28.980 €	2.415 €	0,00 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	4.372.305 €	0,12	524.677 €	43.723 €	0,04 €
Open Mark-up of invest (0,5% elementos pasivos, 8% activos y 30% líneas aéreas)	8,24 €						0,69 €
TOTAL							17,26 €
PRECIO DE DESAGREGACIÓN DEL BUCLE EN CLÚSTER 1							15,53 €

Estudio original: 15,26€.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	791.903.952 €	0,12	95.028.474 €	7.919.040 €	5,23 €
DROP	-	10	1.271.105.784 €	0,16	203.376.925 €	16.948.077 €	11,19 €
FEEDER	-	10	145.036.553 €	0,16	23.205.848 €	1.933.821 €	1,28 €
Puertos ODF del lado del usuario	46,00 €	20	99.528.912 €	0,12	11.943.469 €	995.289 €	0,66 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	57,00 €	20	123.329.304 €	0,12	14.799.516 €	1.233.293 €	0,81 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	181.748.448 €	0,21	38.167.174 €	3.180.598 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	336.000 €	0,21	70.560 €	5.880 €	0,00 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	5.365.700 €	0,12	643.884 €	53.657 €	0,04 €
Open Mark-up of invest (0,5% elementos pasivos, 8% activos y 30% líneas aéreas)	8,24 €						0,69 €
TOTAL							22,00 €
PRECIO DE DESAGREGACIÓN DEL BUCLE EN CLÚSTER 2							19,80 €

Estudio original: 20,11€.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	968.436.000 €	0,12	116.212.320 €	9.684.360 €	5,23 €
DROP	-	10	1.990.773.120 €	0,16	318.523.699 €	26.543.642 €	14,33 €
FEEDER	-	10	246.490.927 €	0,16	39.438.548 €	3.286.546 €	1,77 €
Puertos ODF del lado del usuario	46,00 €	20	121.716.000 €	0,12	14.605.920 €	1.217.160 €	0,66 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	57,00 €	20	150.822.000 €	0,12	18.098.640 €	1.508.220 €	0,81 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	222.264.000 €	0,21	46.675.440 €	3.889.620 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	504.000 €	0,21	105.840 €	8.820 €	0,00 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	6.563.224 €	0,12	787.587 €	65.632 €	0,04 €
Open Mark-up of invest (0,5% elementos pasivos, 8% activos y 30% líneas aéreas)	11,75 €						0,98 €
TOTAL							25,93 €
PRECIO DE DESAGREGACIÓN DEL BUCLE EN CLÚSTER 3							23,33 €

Estudio original: 24,14€.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	754.867.680 €	0,12	90.584.122 €	7.548.677 €	5,23 €
DROP	-	10	1.506.117.181 €	0,16	240.978.749 €	20.081.562 €	13,91 €
FEEDER	-	10	252.788.594 €	0,16	40.446.175 €	3.370.515 €	2,33 €
Puertos ODF del lado del usuario	46,00 €	20	94.874.080 €	0,12	11.384.890 €	948.741 €	0,66 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	57,00 €	20	117.561.360 €	0,12	14.107.363 €	1.175.614 €	0,81 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	173.248.320 €	0,21	36.382.147 €	3.031.846 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	560.000 €	0,21	117.600 €	9.800 €	0,01 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	5.118.349 €	0,12	614.202 €	51.183 €	0,04 €
Open Mark-up of invest (0,5% elementos pasivos, 8% activos y 30% líneas aéreas)	17,42 €						1,45 €
TOTAL							26,54 €
PRECIO DE DESAGREGACIÓN DEL BUCLE EN CLÚSTER 4							23,88 €

Estudio original: 23,41€.



	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	900.491.760 €	0,12	108.059.011 €	9.004.918 €	5,23 €
DROP	-	8,5	2.101.746.371 €	0,18	378.314.347 €	31.526.196 €	18,31 €
FEEDER	-	10	380.838.023 €	0,16	60.934.084 €	5.077.840 €	2,95 €
Puertos ODF del lado del usuario	46,00 €	20	113.176.560 €	0,12	13.581.187 €	1.131.766 €	0,66 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	57,00 €	20	140.240.520 €	0,12	16.828.862 €	1.402.405 €	0,81 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	206.670.240 €	0,21	43.400.750 €	3.616.729 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	606.000 €	0,21	127.260 €	10.605 €	0,01 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	6.104.817 €	0,12	732.578 €	61.048 €	0,04 €
Open Mark-up of invest (0,5% elementos pasivos, 8% activos y 30% líneas aéreas)	25,93 €						2,16 €
TOTAL							32,26 €
PRECIO DE DESAGREGACIÓN DEL BUCLE EN CLÚSTER 5							29,03 €

Estudio original: 28,85€.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	1.093.994.496 €	0,12	131.279.340 €	10.939.945 €	5,23 €
DROP	-	8,5	2.896.894.730 €	0,18	521.441.051 €	43.453.421 €	20,77 €
FEEDER	-	10	611.293.762 €	0,16	97.807.002 €	8.150.583 €	3,90 €
Puertos ODF del lado del usuario	46,00 €	20	137.496.576 €	0,12	16.499.589 €	1.374.966 €	0,66 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	57,00 €	20	170.376.192 €	0,12	20.445.143 €	1.703.762 €	0,81 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	251.080.704 €	0,21	52.726.948 €	4.393.912 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	834.000 €	0,21	175.140 €	14.595 €	0,01 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	7.418.121 €	0,12	890.175 €	74.181 €	0,04 €
Open Mark-up of invest (0,5% elementos pasivos, 8% activos y 30% líneas aéreas)	39,56 €						3,30 €
TOTAL							36,81 €
PRECIO DE DESAGREGACIÓN DEL BUCLE EN CLÚSTER 6							33,13 €

Estudio original: 32,05€.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	1.585.222.128 €	0,12	190.226.655 €	15.852.221 €	5,23 €
DROP	-	7	4.929.663.780 €	0,21	1.035.229.394 €	86.269.116 €	28,45 €
FEEDER	-	10	1.530.457.814 €	0,16	244.873.250 €	20.406.104 €	6,73 €
Puertos ODF del lado del usuario	46,00 €	20	199.235.568 €	0,12	23.908.268 €	1.992.356 €	0,66 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	57,00 €	20	246.878.856 €	0,12	29.625.463 €	2.468.789 €	0,81 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	363.821.472 €	0,21	76.402.509 €	6.366.876 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	2.842.000 €	0,21	596.820 €	49.735 €	0,02 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	10.773.524 €	0,12	1.292.823 €	107.735 €	0,04 €
Open Mark-up of invest (0,5% elementos pasivos, 8% activos y 30% líneas aéreas)	85,46 €						7,12 €
TOTAL							51,16 €
PRECIO DE DESAGREGACIÓN DEL BUCLE EN CLÚSTER 7							46,04 €

Estudio original: no hay datos.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	1.262.102.688 €	0,12	151.452.323 €	12.621.027 €	5,23 €
DROP	-	7	7.383.251.716 €	0,21	1.550.482.860 €	129.206.905 €	53,53 €
FEEDER	-	10	2.606.439.690 €	0,16	417.030.350 €	34.752.529 €	14,40 €
Puertos ODF del lado del usuario	46,00 €	20	158.624.928 €	0,12	19.034.991 €	1.586.249 €	0,66 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	57,00 €	20	196.556.976 €	0,12	23.586.837 €	1.965.570 €	0,81 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	289.662.912 €	0,21	60.829.212 €	5.069.101 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	4.976.000 €	0,21	1.044.960 €	87.080 €	0,04 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	8.618.231 €	0,12	1.034.188 €	86.182 €	0,04 €
Open Mark-up of invest (0,5% elementos pasivos, 8% activos y 30% líneas aéreas)	157,01 €						13,08 €
TOTAL							89,88 €
PRECIO DE DESAGREGACIÓN DEL BUCLE EN CLÚSTER 8							80,89 €

Estudio original: no hay datos.

## Cuota de mercado del incumbente con ARPU de 44,25€

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CLÚSTER 1 - CAPEX							
CPE	100,00 €	5	59.197.021 €	0,26	15.391.225 €	1.282.602 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	645.593.256 €	0,12	77.471.191 €	6.455.933 €	10,91 €
DROP	-	10	627.238.304 €	0,16	100.358.129 €	8.363.177 €	14,13 €
FEEDER	-	10	88.392.430 €	0,16	14.142.789 €	1.178.566 €	1,99 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	13.615.315 €	0,12	1.633.838 €	136.153 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	59.973.144 €	0,12	7.196.777 €	599.731 €	1,01 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	71.036.425 €	0,21	14.917.649 €	1.243.137 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	138.000 €	0,21	28.980 €	2.415 €	0,00 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	4.372.305 €	0,12	524.677 €	43.723 €	0,07 €
			1.569.556.200 €				
							CAPEX: 32,61 €
CLÚSTER 1 - OPEX							
Coste fijo núcleo de red/concentración							4,67 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		3.536,65 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	4,56 €						0,38 €
							OPEX: 11,64 €
CLUSTER 1 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 33,56% DE CUOTA DE MERCADO							44,25 €

Estudio original: la cuota de mercado para unos costes de 44,25€ se fija en el 29%.



	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CLÚSTER 2 - CAPEX							
CPE	100,00 €	5	96.824.322 €	0,26	25.174.324 €	2.097.860 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	791.903.952 €	0,12	95.028.474 €	7.919.040 €	8,18 €
DROP	-	10	1.271.105.784 €	0,16	203.376.925 €	16.948.077 €	17,50 €
FEEDER	-	10	145.036.553 €	0,16	23.205.848 €	1.933.821 €	2,00 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	22.269.594 €	0,12	2.672.351 €	222.696 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	73.564.848 €	0,12	8.827.782 €	735.648 €	0,76 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	116.189.186 €	0,21	24.399.729 €	2.033.311 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	336.000 €	0,21	70.560 €	5.880 €	0,01 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	5.365.700 €	0,12	643.884 €	53.657 €	0,06 €
			2.522.595.939 €				CAPEX: 33 €
CLÚSTER 2 - OPEX							
Coste fijo núcleo de red/concentración							4,28 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		7.438,90 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	4,56 €						0,38 €
						OPEX: 11,25 €	
						44,25 €	
CLUSTER 2 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 44,75% DE CUOTA DE MERCADO						44,25 €	

Estudio original: la cuota de mercado para unos costes de 44,25€ se fija en el 41%.



CLÚSTER 3 - CAPEX	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CPE	100,00 €	5	142.010.820 €	0,26	36.922.813 €	3.076.901 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	968.436.000 €	0,12	116.212.320 €	9.684.360 €	6,82 €
DROP	-	10	1.990.773.120 €	0,16	318.523.699 €	26.543.642 €	18,69 €
FEEDER	-	10	246.490.927 €	0,16	39.438.548 €	3.286.546 €	2,31 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	32.662.489 €	0,12	3.919.499 €	326.625 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	89.964.000 €	0,12	10.795.680 €	899.640 €	0,63 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	170.412.984 €	0,21	35.786.727 €	2.982.227 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	504.000 €	0,21	105.840 €	8.820 €	0,01 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	6.563.224 €	0,12	787.587 €	65.632 €	0,05 €
			<b>3.647.817.564 €</b>				
							<b>CAPEX: 33,01 €</b>

CLÚSTER 3 - OPEX							
Coste fijo núcleo de red/concentración							4,18 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		11.078,42 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	5,73 €						0,48 €
							<b>OPEX: 11,25 €</b>

**CLUSTER 3 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 53,67% DE CUOTA DE MERCADO** **44,25 €**

Estudio original: la cuota de mercado para unos costes de 44,25€ se fija en el 53%.

CLÚSTER 4 - CAPEX	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CPE	100,00 €	5	111.353.295 €	0,26	28.951.857 €	2.412.655 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	754.867.680 €	0,12	90.584.122 €	7.548.677 €	6,78 €
DROP	-	10	1.506.117.181 €	0,16	240.978.749 €	20.081.562 €	18,03 €
FEEDER	-	10	252.788.594 €	0,16	40.446.175 €	3.370.515 €	3,03 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	25.611.258 €	0,12	3.073.351 €	256.113 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	70.124.320 €	0,12	8.414.918 €	701.243 €	0,63 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	133.623.954 €	0,21	28.061.030 €	2.338.419 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	560.000 €	0,21	117.600 €	9.800 €	0,01 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	5.118.349 €	0,12	614.202 €	51.183 €	0,05 €
			<b>2.860.164.631 €</b>				
							<b>CAPEX: 33,02 €</b>

CLÚSTER 4 - OPEX							
Coste fijo núcleo de red/concentración							4,00 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		11.158,86 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	7,62 €						0,64 €
							<b>OPEX: 11,23 €</b>

CLUSTER 4 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 53,99% DE CUOTA DE MERCADO **44,25 €**

Estudio original: la cuota de mercado para unos costes de 44,25€ se fija en el 52%.

CLÚSTER 5 - CAPEX	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CPE	100,00 €	5	164.622.688 €	0,26	42.801.899 €	3.566.825 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	900.491.760 €	0,12	108.059.011 €	9.004.918 €	5,47 €
DROP	-	8,5	2.101.746.371 €	0,18	378.314.347 €	31.526.196 €	19,15 €
FEEDER	-	10	380.838.023 €	0,16	60.934.084 €	5.077.840 €	3,08 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	37.863.218 €	0,12	4.543.586 €	378.632 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	83.652.240 €	0,12	10.038.269 €	836.522 €	0,51 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	197.547.225 €	0,21	41.484.917 €	3.457.076 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	606.000 €	0,21	127.260 €	10.605 €	0,01 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	6.104.817 €	0,12	732.578 €	61.048 €	0,04 €
			<b>3.873.472.342 €</b>				<b>CAPEX: 32,75 €</b>

CLÚSTER 5 - OPEX							
Coste fijo núcleo de red/concentración							4,04 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		13.168,65 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	10,46 €						0,87 €
						<b>OPEX: 11,5 €</b>	

CLUSTER 5 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 66,91% DE CUOTA DE MERCADO **44,25 €**

Estudio original: la cuota de mercado para unos costes de 44,25€ se fija en el 67%.



	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CLÚSTER 6 - CAPEX							
CPE	100,00 €	5	227.855.739 €	0,26	59.242.492 €	4.936.874 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	1.093.994.496 €	0,12	131.279.340 €	10.939.945 €	4,80 €
DROP	-	8,5	2.896.894.730 €	0,18	521.441.051 €	43.453.421 €	19,07 €
FEEDER	-	10	611.293.762 €	0,16	97.807.002 €	8.150.583 €	3,58 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	52.406.820 €	0,12	6.288.818 €	524.068 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	101.627.904 €	0,12	12.195.348 €	1.016.279 €	0,45 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	273.426.887 €	0,21	57.419.646 €	4.784.971 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	834.000 €	0,21	175.140 €	14.595 €	0,01 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	7.418.121 €	0,12	890.175 €	74.181 €	0,03 €
			5.265.752.459 €				CAPEX: 32,43 €
CLÚSTER 6 - OPEX							
Coste fijo núcleo de red/concentración							3,98 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		18.155,30 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	15,00 €						1,25 €
						OPEX: 11,82 €	
CLUSTER 6 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 76,23% DE CUOTA DE MERCADO							44,25 €

Estudio original: la cuota de mercado para unos costes de 44,25€ se fija en el 76%.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
<b>CLÚSTER 7 - CAPEX</b>							
CPE	100,00 €	5	433.120.800 €	0,26	112.611.408 €	9.384.284 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	1.585.222.128 €	0,12	190.226.655 €	15.852.221 €	3,66 €
DROP	-	7	4.929.663.780 €	0,21	1.035.229.394 €	86.269.116 €	19,92 €
FEEDER	-	10	1.530.457.814 €	0,16	244.873.250 €	20.406.104 €	4,71 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	99.617.784 €	0,12	11.954.134 €	996.178 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	147.261.072 €	0,12	17.671.329 €	1.472.611 €	0,34 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	519.744.960 €	0,21	109.146.442 €	9.095.537 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	2.842.000 €	0,21	596.820 €	49.735 €	0,01 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	10.773.524 €	0,12	1.292.823 €	107.735 €	0,02 €
<b>9.258.703.862 €</b>							<b>CAPEX: 33,16 €</b>
<b>CLÚSTER 7 - OPEX</b>							
Coste fijo núcleo de red/concentración							3,58 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		53.360,89 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	30,30 €						2,53 €
							<b>OPEX: 12,7 €</b>
<b>CLUSTER 7 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 100% DE CUOTA DE MERCADO</b>							<b>45,86 €</b>

Estudio original:

la cuota de mercado para unos costes de 44,25€ se fija en más del 100%.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
<b>CLÚSTER 8 - CAPEX</b>							
CPE	100,00 €	5	344.836.800 €	0,26	89.657.568 €	7.471.464 €	2,17 €
Fibra dentro del hogar (€/usuario)	366,00 €	20	1.262.102.688 €	0,12	151.452.323 €	12.621.027 €	3,66 €
DROP	-	7	7.383.251.716 €	0,21	1.550.482.860 €	129.206.905 €	37,47 €
FEEDER	-	10	2.606.439.690 €	0,16	417.030.350 €	34.752.529 €	10,08 €
Puertos ODF del lado del usuario	23,00 €	20	79.312.464 €	0,12	9.517.496 €	793.125 €	0,23 €
Puertos ODF del lado de la red + patch	34,00 €	20	117.244.512 €	0,12	14.069.341 €	1.172.445 €	0,34 €
Puertos Ethernet (1Gbps)	120,00 €	7	413.804.160 €	0,21	86.898.874 €	7.241.573 €	2,10 €
Último puerto Ethernet (10 Gbps)	2.000,00 €	7	4.976.000 €	0,21	1.044.960 €	87.080 €	0,03 €
Espacio suelo (€/m2)	1.000,00 €	20	8.618.231 €	0,12	1.034.188 €	86.182 €	0,02 €
			<b>12.220.586.261 €</b>				
							<b>CAPEX: 56,09 €</b>
<b>CLÚSTER 8 - OPEX</b>							
Coste fijo núcleo de red/concentración							3,24 €
Coste variable núcleo de red							1,32 €
Coste variable red de concentración							0,09 €
Coste retail							5,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		83.183,59 €				0,02 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
Open Mark-up of invest (8% activos y 30% líneas aéreas)	54,15 €						4,51 €
							<b>OPEX: 14,36 €</b>
<b>CLUSTER 8 : (CAPEX + OPEX) DEL OPERADOR INCUMBENTE CON 100% DE CUOTA DE MERCADO</b>							<b>70,45 €</b>

Estudio original:

la cuota de mercado para unos costes de 44,25€ se fija en más del 100%.



## CUOTA DE MERCADO DE UN COMPETIDOR CON ARPU DE 42,04€

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CPE	150,00 €	3	25.321.014,00 €	0,4	10.128.406 €	844.034 €	5,00 €
Coste fijo núcleo de red/concentración	1.960.000,00 €						11,61 €
Coste variable núcleo de red							2,00 €
Coste variable red de concentración							0,72 €
Coste retail							7,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		2.488,23 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
							<b>26,51 €</b>
<b>CLÚSTER 1 : COSTE TOTAL DEL OPERADOR ENTRANTE CON 9,57% DE CUOTA DE MERCADO</b>							<b>42,04 €</b>

Estudio original: la cuota de mercado para unos costes de 42,04€ se fija en el 9%.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CPE	150,00 €	3	40.082.024,00 €	0,4	16.032.810 €	1.336.067 €	5,00 €
Coste fijo núcleo de red/concentración	1.960.000,00 €						7,33 €
Coste variable núcleo de red							2,00 €
Coste variable red de concentración							0,72 €
Coste retail							7,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		5.702,04 €				0,02 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
							<b>22,24 €</b>
<b>CLÚSTER 2 : COSTE TOTAL DEL OPERADOR ENTRANTE CON 12,35% DE CUOTA DE MERCADO</b>							<b>42,04 €</b>

Estudio original: la cuota de mercado para unos costes de 42,04€ se fija en el 10%.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CPE	150,00 €	3	77.593.950,00 €	0,4	31.037.580 €	2.586.465 €	5,00 €
Coste fijo núcleo de red/concentración	1.960.000,00 €						3,79 €
Coste variable núcleo de red							2,00 €
Coste variable red de concentración							0,72 €
Coste retail							7,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		8.841,63 €				0,02 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
							<b>18,70 €</b>
<b>CLÚSTER 3 : COSTE TOTAL DEL OPERADOR ENTRANTE CON 19,55% DE CUOTA DE MERCADO</b>							<b>42,04 €</b>

Estudio original: la cuota de mercado para unos costes de 42,04€ se fija en el 24%.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CPE	150,00 €	3	90.645.996,00 €	0,4	36.258.398 €	3.021.533 €	5,00 €
Coste fijo núcleo de red/concentración	1.960.000,00 €						3,24 €
Coste variable núcleo de red							2,00 €
Coste variable red de concentración							0,72 €
Coste retail							7,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		9.897,22 €				0,02 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
							<b>18,15 €</b>
<b>CLÚSTER 4 : COSTE TOTAL DEL OPERADOR ENTRANTE CON 29,3% DE CUOTA DE MERCADO</b>							<b>42,04 €</b>

Estudio original: la cuota de mercado para unos costes de 42,04€ se fija en el 25%.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CPE	150,00 €	3	369.054.000,00 €	0,4	147.621.600 €	12.301.800 €	5,00 €
Coste fijo núcleo de red/concentración	1.960.000,00 €						0,80 €
Coste variable núcleo de red							2,00 €
Coste variable red de concentración							0,72 €
Coste retail							7,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		15.185,73 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
							<b>15,70 €</b>
<b>CLÚSTER 5 : COSTE TOTAL DEL OPERADOR ENTRANTE CON 100% DE CUOTA DE MERCADO</b>							<b>44,73 €</b>

Estudio original: la cuota de mercado para unos costes de 42,04€ se fija en más del 100%.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CPE	150,00 €	3	448.358.400,00 €	0,4	179.343.360 €	14.945.280 €	5,00 €
Coste fijo núcleo de red/concentración	1.960.000,00 €						0,66 €
Coste variable núcleo de red							2,00 €
Coste variable red de concentración							0,72 €
Coste retail							7,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		19.915,61 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
							<b>15,56 €</b>
<b>CLÚSTER 6 : COSTE TOTAL DEL OPERADOR ENTRANTE CON 100% DE CUOTA DE MERCADO</b>							<b>48,69 €</b>

Estudio original: la cuota de mercado para unos costes de 42,04€ se fija en más del 100%.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CPE	150,00 €	3	649.681.200,00 €	0,4	259.872.480 €	21.656.040 €	5,00 €
Coste fijo núcleo de red/concentración	1.960.000,00 €						0,45 €
Coste variable núcleo de red							2,00 €
Coste variable red de concentración							0,72 €
Coste retail							7,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		53.360,89 €				0,01 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
							<b>15,35 €</b>
<b>CLÚSTER 7 : COSTE TOTAL DEL OPERADOR ENTRANTE CON 100% DE CUOTA DE MERCADO</b>							<b>61,39 €</b>

Estudio original: la cuota de mercado para unos costes de 42,04€ se fija en más del 100%.

	Precio unitario	Tiempo de vida (años)	Inversión total	CCF	Inversión anualizada (total * CCF)	Inversión (al mes)	Inversión por mes y usuario
CPE	150,00 €	3	517.255.200,00 €	0,4	206.902.080 €	17.241.840 €	5,00 €
Coste fijo núcleo de red/concentración	1.960.000,00 €						0,57 €
Coste variable núcleo de red							2,00 €
Coste variable red de concentración							0,72 €
Coste retail							7,00 €
Alquiler suelo (€/m2)	20,00 €		83.183,59 €				0,02 €
Coste Energía puerto Ethernet 1Gbps (€/puerto/mes)	0,17 €						0,17 €
Coste Energía puerto Ethernet 10Gbps (€/puerto/mes)	2,30 €						0,00 €
							<b>15,48 €</b>
<b>CLÚSTER 8 : COSTE TOTAL DEL OPERADOR ENTRANTE CON 100% DE CUOTA DE MERCADO</b>							<b>96,37 €</b>

Estudio original: la cuota de mercado para unos costes de 42,04€ se fija en más del 100%.



## APÉNDICE 2: PRESUPUESTO

En este apartado vamos a presupuestar la realización de este proyecto.

La duración estimada del proyecto es de 35 semanas. Suponiendo 5 días laborables por semana tendremos un total de 175 días, y con jornadas de 8 horas diarias el cómputo es de 1.400 horas.

### Costes de RRHH

En el proyecto necesitaremos un consultor senior (10% de ocupación, 900€/día), un consultor junior (90% de ocupación, 450 €/día) y un administrativo (20% de ocupación, 180€/día).

Los totales quedan así:

- Consultor senior: 15.750 €
- Consultor junior: 70.875 €.
- Administrativo: 6.300 €.

Costes totales de RRHH: 92.925 €.

### Costes materiales

Supondremos que los recursos materiales suponen un sobrecoste del 10% sobre el coste de recursos humanos.

### Costes de documentación

El acceso a material (especificaciones, estándares, estudios) se cifra en 6.000 €.

### Otros costes

El sobrecoste asociado a desplazamientos, conexiones a internet, luz, etc, se estima en un 5% sobre el total de la suma de los costes anteriores.

**Total**

- Costes de recursos humanos: 92.925 €.
- Costes materiales: 9.292,5 €.
- Documentación: 6.000 €.
- Otros costes: 5.410,88 €.

El coste total queda como sigue:

**113.628,34 €**



## APÉNDICE 3: CRONOGRAMA

[illegible]

## Apéndice 4: Glosario

- **3GPP:** (Proyecto Asociación de Tercera Generación) es una colaboración de grupos de asociaciones de telecomunicaciones cuyo objetivo inicial era asentar las especificaciones de un sistema global de comunicaciones de tercera generación 3G para móviles basándose en las especificaciones del sistema evolucionado "*Global System for Mobile Communications*" GSM dentro del marco del proyecto internacional de telecomunicaciones móviles 2000 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).
- **ANR (Autoridad Nacional de Reglamentación):** es el organismo u organismos a los cuales ha encomendado un Estado miembro cualquiera de las misiones reguladoras asignadas en la Directiva Marco (Directiva 2002/21/CE) y en las directivas específicas (Directiva 2002/20/CE -Directiva autorización-, Directiva 2002/19/CE -Directiva acceso-, Directiva 2002/22/CE -Directiva servicio universal- y Directiva 97/66/CE).
- **AM:** Amplitud Modulada o Modulación de Amplitud.
- **ARPU (Average Revenue Per User):** Ingresos medios por usuario.
- **ATM (Asynchronous Transfer Mode):** Modo de transferencia asíncrono.
- **Banda Ancha:** Según la definición de la UIT las velocidades de Banda Ancha (definición de marzo de 2010) se definen como velocidades no inferiores a 256 Kbps. Sin embargo, la Comisión Europea en sus estudios y estadísticas, definen una línea de Banda Ancha como aquella que dispone de una capacidad de descarga igual o superior a los 144 Kbps.
- **Backhaul o Red de Retorno (en español):** es la porción de una red jerárquica, que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo de red y las subredes en sus bordes.
- **Benchmarking framework 2011-2015 (en español, "Marco de evaluación comparativa 2011-2015"):** Se trata de un marco conceptual de recogida de estadísticas de la sociedad de la información así como una lista de indicadores clave para la evaluación comparativa, en el seno de la Unión Europea.
- **Brecha Digital:** La brecha digital se define como la separación que existe entre las personas (comunidades, estados, países...) que utilizan las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) como una parte rutinaria de su vida diaria y aquellas que no tienen acceso a las mismas y que aunque las tengan no saben cómo utilizarlas.
- **Broadcast:** difusión en español, es una forma de transmisión de información donde un nodo emisor envía información a una multitud de nodos receptores de manera simultánea, sin necesidad de reproducir la misma transmisión nodo por nodo.

- **CAPEX (CAPital EXpenditures):** gastos de capital (en español), son inversiones de capital que crean beneficios.
- **CBR (Constant Bit Rate):** Tasa constante de bit.
- **CMTS (Cable Modem Termination System):** Sistema de Terminación de Cable-módems.
- **Diafonía:** se dice que entre dos circuitos existe diafonía, denominada en inglés *Crosstalk* (XT), cuando parte de las señales presentes en uno de ellos, considerado perturbador, aparece en el otro, considerado perturbado. La diafonía se mide como la atenuación existente entre el circuito perturbador y el perturbado, por lo que también se denomina atenuación de diafonía.
- **DMT (Discrete MultiTone):** en español, multitono discreto.
- **DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification):** en español, "Especificación de Interfaz para Servicios de Datos sobre Cable".
- **DSL (siglas de Digital Subscriber Line , "línea de suscripción digital"):** es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red telefónica básica o conmutada: ADSL, ADSL2, ADSL2+, SDSL, IDSL, HDSL, SHDSL, VDSL y VDSL2. Tienen en común que utilizan el par trenzado de hilos de cobre convencionales de las líneas telefónicas para la transmisión de datos a gran velocidad.
- **DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer):** es un multiplexor localizado en la central telefónica que proporciona a los abonados acceso a los servicios DSL sobre cable de par trenzado de cobre. El dispositivo separa la voz y los datos de las líneas de abonado.
- **ETSI (European Telecommunications Standards Institute):** Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones es una organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial.
- **EUROSTAT (Statistical Office of the European Communities, oficina europea de estadística):** es la oficina estadística de la Comisión Europea, que produce datos sobre la Unión Europea y promueve la armonización de los métodos estadísticos de los estados miembros.
- **FDD:** Frequency Division Duplex.
- **FDMA (Frequency Division Multiple Access):** Acceso múltiple por división de frecuencia.

- **FTTB o Fibra óptica hasta el edificio (del inglés Fiber To The Building):** se refiere a un tipo de tecnología de telecomunicaciones donde se utilizan cables de fibra óptica hasta el edificio del abonado.
- **FTTH o Fibra óptica hasta el hogar (del inglés Fiber To The Home):** se refiere a un tipo de tecnología de telecomunicaciones donde se utilizan cables de fibra óptica hasta la casa u oficina del abonado.
- **FTTP o Fibra óptica hasta las instalaciones (del inglés Fiber To The Premises):** se refiere a un tipo de tecnología de telecomunicaciones donde se utilizan cables de fibra óptica para conectar el equipo de distribución que se encuentra más cercano al usuario destinatario de la conexión directamente a la red principal de telecomunicaciones.
- **GSM:** Sistema Global de Comunicaciones Móviles.
- **MDF:** Main Distribution Frame.
- **MDU (Multi Dwelling Unit):** Elemento de red que permite ofrecer servicio FTTx a múltiples usuarios, frente a las ONTs que dan servicio a un único cliente.
- **Mercado Minorista:** mercados referidos a la oferta y demanda en relación con los usuarios finales.
- **Mercado Mayorista:** mercados referidos a la oferta y demanda de productos en relación con un tercero que desea suministrar a los usuarios finales.
- **MIMO:** Multiple-input Multiple-output.
- **Modem de cable:** es un tipo especial de módem diseñado para modular la señal de datos sobre una infraestructura de televisión por cable. El término *Internet por cable* (o simplemente cable) se refiere a la distribución de un servicio de conectividad a Internet sobre esta infraestructura de telecomunicaciones.
- **MPoP:** Metropolitan Point of Presence.
- **MSS:** Mobile Satellite Services.
- **Multicast:** (Multidifusión) es el envío de la información en una red a múltiples destinos simultáneamente.
- **OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico):** es una organización de cooperación internacional, compuesta por 34 estados, cuyo objetivo es coordinar sus políticas económicas y sociales. En la OCDE, los representantes de los países miembros se reúnen para intercambiar información y armonizar políticas con el

objetivo de maximizar su crecimiento económico y colaborar a su desarrollo y al de los países no miembros.

- **ODF (Optical fiber Distribution Frame):** Distribuidor de fibra óptica.
- **OFDM:** Orthogonal Frequency Division Multiplexing.
- **ONT (Optical Network Termination):** Es el elemento situado en casa del usuario que termina la fibra óptica y ofrece las interfaces de usuario.
- **Operador Incumbente:** operador, generalmente público, que ostentaba el monopolio en el mercado de las Telecomunicaciones en la mayoría de los países europeos previamente a la liberación del sector.
- **OPEX (OPerating Expense):** Coste de funcionamiento de un producto, negocio o sistema.
- **Peso Significativo en el Mercado (PSM):** De acuerdo con la Directiva (Directiva 2002/21/CE), se considerará que una empresa tiene peso significativo en el mercado si, individual o conjuntamente con otras, disfruta de una posición equivalente a una posición dominante, esto es, una posición de fuerza económica que permite que su comportamiento sea, en medida apreciable, independiente de los competidores, los clientes y, en última instancia, los consumidores.
- **PIB:** Producto Interior Bruto.
- **PYME:** Pequeña Y Mediana Empresa.
- **QAM:** Quadrature Amplitude Modulation (Modulación de amplitud en cuadratura).
- **QPSK:** modulación por desplazamiento de fase o PSK (Phase Shift Keying).
- **RDSI:** Red Digital de Servicios Integrados.
- **Red de Acceso de Nueva Generación (RANG):** Según la definición de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) una RANG es una red de transferencia de paquetes capaz de ofrecer servicios diversos utilizando diferentes tecnologías de banda ancha (las tecnologías involucradas en el transporte, cuya calidad se ha de poder controlar, son independientes de las tecnologías de los servicios) y que permite a los usuarios un acceso no restringido a diferentes proveedores de aplicaciones en condiciones de movilidad plena.
- **RTPC:** Red Telefónica Pública Conmutada.
- **SNR:** Signal to Noise Ratio o Relación Señal a Ruido en español.

- **TDD:** Time Division Duplex.
- **TDM (Time Division Multiplexing):** Multiplexación por división de tiempo.
- **TDMA:** Time Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Tiempo).
- **TIC:** Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
- **Transceptor:** se aplica a un dispositivo que realiza, dentro de una misma caja o chasis, funciones tanto de transmisión como de recepción, utilizando componentes de circuito comunes para ambas funciones.
- **UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones):** es el organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.
- **UMTS:** Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles.
- **W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access):** en español Acceso múltiple por división de código de banda ancha.